



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

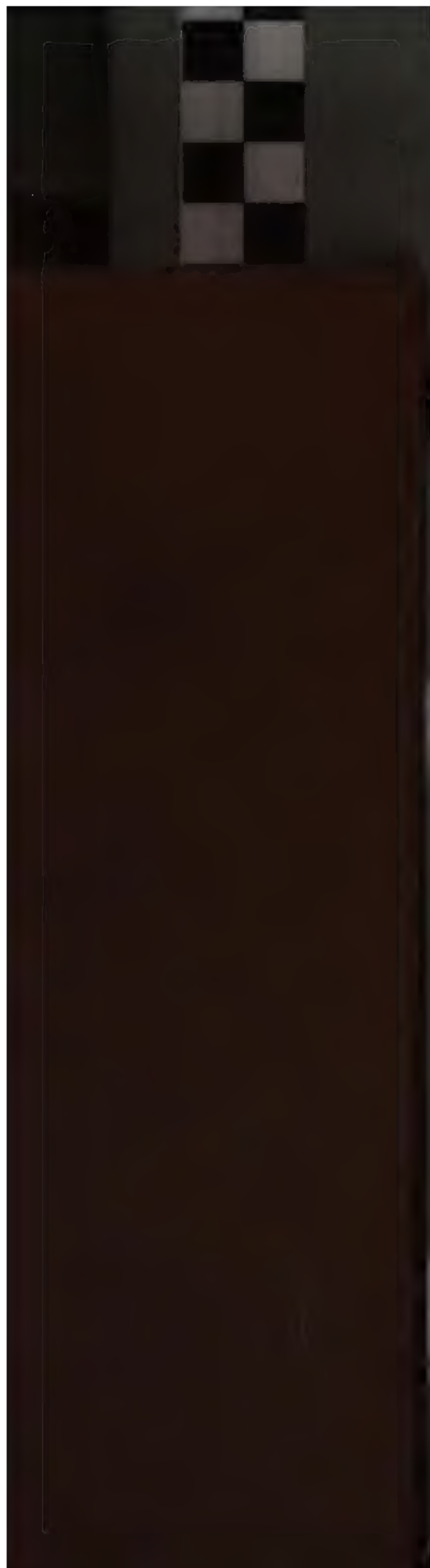
Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.









Handbuch
der
Wasserbaukunst

von
G. Hagen.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Zweiter Theil:
Die Ströme.

Dritter Band mit 21 Kupfertafeln.

Berlin 1874.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

schälungen, Strombauten
und
schiffahrts-Canäle.

Von

G. H a g e n,

Dritte neu bearbeitete Auflage.

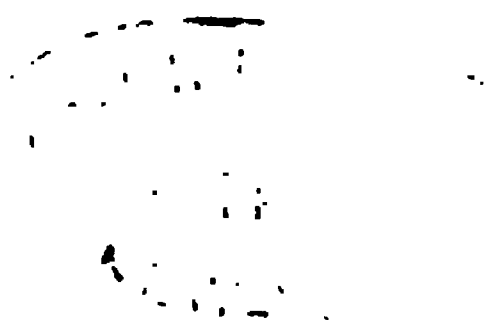
Dritter Band.

Mit einem Atlas von 21 Kupfertafeln.

Berlin 1874.

Verlag von Ernst & Korn.

(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)



100-443886-100
 100-443886-100
 100-443886-100

Inhalts-Verzeichnifs

des dritten Bandes.

Abschnitt IX.

	Seite
Vertiefung des Fahrwassers (Fortsetzung)	1
§. 53. Sprengen der Felsen	3
§. 54. Der Taucherhelm	46
§. 55. Die Taucherglocke	59
§. 56. Der Taucherschacht	70

Abschnitt X.

Schiffahrts-Anlagen	81
§. 57. Die Flußschiffahrt	83
§. 58. Die Warpschiffahrt	104
§. 59. Ueberwindung starker Gefälle	114
§. 60. Leinpfade	136
§. 61. Sonstige Schiffahrts-Anlagen	148
§. 62. Holz-Flösserei	158

Abschnitt XI.

Schiffsschleusen	169
§. 63. Anordnung der Schiffsschleusen	171
§. 64. Die Schleusenkammer	192

VI

§. 65.	Die Schleusenhäupter	211
§. 66.	Anordnung der Thore	241
§. 67.	Hölzerne Schleusenthore	251
§. 68.	Eiserne Schleusenthore	281
§. 69.	Befestigung der Schleusenthore	311
§. 70.	Unterstützung der Schleusenthore	331
§. 71.	Oeffnen und Schliessen der Thore	351

Neunter Abschnitt.

Vertiefung des Fahrwassers.

Fortsetzung.

§. 53.

Sprengen der Felsen.

Wenn die im Fahrwasser liegenden Geschiebe so groß sind, daß sie weder mit Zangen noch Hakenkeilen gefaßt, noch mit den zu Gebote stehenden Maschinen gehoben werden können, so müssen sie in kleinere Stücke zerlegt werden. Häufig setzen durch das Strombett auch gewachsene Felsbänke, auf welchen die nöthige Wassertiefe fehlt. In beiden Fällen kommt es darauf an, die der Schifffahrt hinderlichen Theile des Gesteins von der ganzen Masse zu trennen, und dieses geschieht vorzugsweise durch Sprengen mit Pulver, oder andre explodirende Verbindungen.

Wenn der Fels klüftig ist, so läßt sich derselbe zuweilen dadurch zerstückeln, daß man starke Brechstangen in die natürlichen Fugen stößt und letztere durch kräftige Bewegung so erweitert, daß die gelösten Theile gehoben werden können, doch ist hierzu nicht leicht Gelegenheit, da nicht nur die Masse in ziemlich lockerem Zustande sich befinden, sondern auch das Wasser so klar sein muß, daß man die Fugen deutlich wahrnehmen kann. In letzter Beziehung bietet freilich das sogenannte Wasserfernröhr, von dem bei Gelegenheit der Taucher-Apparate die Rede sein wird, manche Hülfe, wenn man indessen nicht die zu vertiefende Stelle mit einem Fangedamm umgeben und trocken legen kann, wie zum Beispiel in der Ems geschehn ist, so ist von diesem Verfahren kein ausgedehnter Gebrauch zu machen.

Um einzelne große Geschiebe oder den gewachsenen Felsboden unter Wasser zu sprengen, werden wie beim sonstigen Steinsprengen, zunächst senkrechte oder wenig geneigte cylindrische Löcher gebohrt. In diese bringt man das Schießpulver, das jedoch sorg-

fältig gegen den Zutritt des Wassers geschützt werden muß, bindet es mit Zündschnüren und verschließt die Bohrlöcher durch den sogenannten Besatz, um der Entladung in der Richtung der Bohrlöcher vorzubeugen, und die Kraft gegen die Steinmasse zu richten.

Unter allen bekannt gewordenen Methoden zum Steinsprengen unter Wasser stimmt die vom spätern Geheimen Ober-Baurath Schuchius bei Schiffbarmachung der Alle angewendete, am besten mit derjenigen überein, die in den Steinbrüchen üblich ist. Die zu beseitigenden Steine waren hier große abgerundete Gesteinsgeschiebe, wie solche in Ostpreußen fast überall vorkommen. Nur die Fahrtiefe von 3 Fuß dargestellt werden sollte, durften die tiefer liegenden Blöcke unbeachtet bleiben, wiewohl man zuweilen selbst in 5 Fuß Tiefe die Steine anbohren und sprengen mußte.

Nachdem der Stein von einem Nachen aus, der an beiden Ufern befestigt war, gehörig untersucht und die passendste Stelle für den Schuß ermittelt war, wurde mit einem Kronenbohrer pyramidalen Form eine breite Vertiefung im Steine dargestellt, man leicht wieder finden konnte. Sobald dieselbe etwa 2 Zoll tief war, setzte man die Arbeit mit dem Meißelbohrer fort. Das Bohrloch war 1 Zoll weit und seine Länge im Allgemeinen dem untersten Theil der Höhe des Steins gleich. Bei den kleinsten Steinen bohrte man 1 Fuß, bei den größten bis 2 Fuß tief. Hier wurde die Mündung des Bohrlochs mit einem passend geformten größern Kronenbohrer konisch erweitert, so daß sie oben 2 bis 3 Zoll weit geöffnet war.

In diese Erweiterung wurde die entsprechende Spitze einer hölzernen Röhre getrieben. Letztere bestand aus einem geraden und astfreien Holz von 3 Zoll Durchmesser, und war 1½ Fuß weit gebohrt. Die Spitze war in der konischen Fläche vielfach gekerbt und dadurch möglichst uneben gemacht. Man umwandte sie mit einer dünnen Lage Heede (dem Abgange beim Kämmen des Flachses) und strich darüber eine Mischung von Terpentinöl, Wachs und Talg. Alsdann wurde die Röhre über den Bohrer in die

*) Sammlung nützlicher Aufsätze und Nachrichten, die Baukunst betreffend. 1798. II. Seite 72.

neuerte Mündung des Bohrlochs geschoben und durch mäßige Schläge eingetrieben, so daß sie sicher darin stand. Hierauf zog man den Bohrer heraus, legte auf das obere Ende der Röhre ein Brettchen, und schlug sie mit einem schweren Hammer fest ein. Nunmehr schöpfte man mit einem Schwamm, der an einen Stock gebunden war, das Wasser aus dem Bohrloch, und trocknete auf diese Weise sowohl die Wände desselben, als die der Röhre, bis endlich ein trockner Schwamm keine Feuchtigkeit mehr annahm. Um das Eindringen des Wassers sicher zu verhindern, wurde die Fuge zwischen dem Stein und der Röhre noch von außen mit fettem Thon verstrichen, was bei größern Tiefen durch Leute geschah, die im Tauchen einige Uebung hatten. Während des Ausschöpfens des Bohrloches wurde auch das Steinmehl und die etwa abgefallenen größern Steinstücke mit einem passenden Löffel entfernt.

Nachdem auf diese Weise das Bohrloch ziemlich trocken gemacht war, füllte man es etwa zum dritten Theil seiner Höhe mit Pulver an, und zwar wurde dazu mit Ausschluss der obern, 1 Zoll starken Lage, gewöhnliches grobes Pulver benutzt. Die obere Lage bestand aber aus feinem Pirsch-Pulver. Die Zündnadel, deren unterer Theil aus Kupfer bestand, wurde neben der Wand des Bohrlochs zwei Zoll tief in das Pulver geschoben und trockner Lehm darauf gestreut, den man mit dem Ladestock feststieß. Letzterer war an einer Seite mit einer Nuthe versehen, damit die Zündnadel sein Eindringen nicht hinderte. Der ganz trockne Lehm ließ sich jedoch nicht gehörig festschlagen, daher brachte man über denselben noch feuchten Lehm und Ziegelmehl und bildete daraus den eigentlichen Besatz, der nicht nur das ganze Bohrloch füllte, sondern sogar 1 Zoll in die hölzerne Röhre reichte. Nunmehr wurde die Nadel vorsichtig herausgenommen, durch einen hinreichend langen Rohrstengel oder ein feines hölzernes Röhrechen gezogen und mit demselben wieder eingesetzt. Man zog die Nadel aus diesem Röhrechen heraus, und durch letzteres wurde feines Pulver in die Rinne zur Seite des Lehmbesatzes eingeschüttet. Man schüttete aber, nachdem das Röhrechen fortgenommen war, noch so reichlich Pulver auf, daß dasselbe etwa $\frac{1}{2}$ Zoll hoch über dem Lehmptropfen lag.

Ist auf diese Weise vorbereitete Schuß wurde endlich durch

ein Stückchen glühenden Schwammes entzündet, das man mittelst einer Zange herabfallen liefs, oder gewöhnlich nur aus freier Hand hineinwarf. Der Arbeiter, der den Schuss anzündete, mußte sich nur hüten, von der hölzernen Röhre getroffen zu werden, die meist senkrecht in die Höhe flog. Im Uebrigen fand bei der Explosion keine Gefahr statt, denn die Steinstücke wurden nicht leicht über Wasser geworfen, es lösten sich in der Regel auch keine kleinern Theile, vielmehr spaltete der ganze Stein regelmässiger als in freier Luft und trennte sich gemeinhin nur in wenige gröfsere Stücke.

Manche Steine waren so grofs, dafs sie fünf bis sechsmal gesprengt werden mußten, bevor die einzelnen Stücke mit der Zange gefafst werden konnten. Durchschnittlich kostete das Sprengen jedes Steins einen Thaler.

Einige der hierbei gebrauchten Apparate sind Fig. 228. auf Taf. XXVIII. dargestellt; *a* zeigt den mit Schwamm umwundnen Stock, *b* den Löffel, dessen man sich zum Ausnehmen des Bohrschlammes bediente, *c* die Zündnadel und *d* den Ladestock. Die Bohrer waren nicht wesentlich von denjenigen verschieden, welche im ersten Theil dieses Handbuches §. 11. beschrieben sind.

Wichtiger waren die von Thunberg beim Bau des Hafens von Carlscrona in grofser Tiefe vorgenommenen Sprengungsarbeiten. Fellers *) bezeichnet das dabei angewendete Verfahren in folgender Weise.

Mit einem Steinbohrer von 3 Zoll Durchmesser bohrt man in den Stein ein Loch von hinreichender Tiefe. Der Bohrer ist so lang, dafs er bis über die Oberfläche des Wassers reicht. Zum Einsetzen des Schusses dient eine Röhre von Weifsblech, die unten mit einem Boden versehen und dicht gelöthet ist, so dafs das Wasser nicht hineindringen kann. Ihr unteres Ende mufs so weit sein, dafs es das Bohrloch im Steine füllt. Sie ist gleichfalls so lang, dafs sie bis über die Oberfläche des Wassers heraufreicht. Ferner gebraucht man zwei eiserne Keile, ähnlich denjenigen, womit Steine gehoben werden. Der eine derselben hat sein dickes Ende oben, der andere unten. Wenn beide aufeinander gelegt werden, bilden sie einen Cylinder. An denjenigen Keil, dessen dickes

*) *Essais de bâtir sous l'eau.* Stockholm 1776.

Die nach unten gekehrt ist, bindet man mit einer Schnur die Patrone, welche das Pulver enthält. An dieser Schnur versenkt man die Röhre, so daß die Patrone auf dem Boden der letztern ruht. Der andre Keil ist an dem obern, oder dem dicken Ende einer eisernen Stange verbunden, die gleichfalls bis über die Röhre herausreichen muß, außerdem ist in die schräge Ebene, in welcher beide Keile sich berühren, eine Rinne eingefellt. In diese Rinne bringt man die Papierröhre, worin sich die Zündschnur befindet, und bedeckt die letzte im übrigen Theil ihrer Länge mit einer dünnen hölzernen Rinne, die mit einem Faden an jene Eisenstange gebunden wird. Alsdann kann das Feuer sich von oben durch die hölzerne Rinne und durch die in den Keil eingefellte Röhre bis zur Patrone fortsetzen. Diesen zweiten Keil schiebt man mittelst der daran befindlichen eisernen Stange zugleich mit der Zündschnur und der hölzernen Rinne in die Blechröhre herab. Nachdem Alles auf dem Lande zusammengesetzt ist, stellt man die Blechröhre in das Bohrloch und klebt den Zünder mit Thon an die hölzerne Rinne und die Eisenstange. Alsdann ist der Schuß vorbereitet. Um aber wenigstens einen Theil des Apparats später wieder benutzen zu können, bindet man die Blechröhre an die Balken eines vor Anker liegenden Flosses, legt andre Holzstücke auf dasselbe, und darüber endlich eine Bohle, die genau über die Mündung der Blechröhre treffen muß, ohne jedoch die Stange, noch sonst einen Theil des Apparats zu berühren. Um der Bohle noch mehr Widerstand zu geben, legt man einen Stein darauf. Alsdann zündet man den Zünder an. Der Keil, dessen untere Fläche den Stoß des Schusses zunächst empfängt, kann den zweiten Keil, der ihn hält, nicht her austreiben. Beide klemmen sich daher stark gegeneinander, schließen das Bohrloch und der Stein muß zerspringen. Der mit der Spitze abwärts gekehrte Keil nebst der daran befestigten Stange, wird gemeinhin in die Höhe geworfen, und die Stange durchbohrt die Bohle und bleibt darin stecken, so daß man sie nebst dem Keil bei den folgenden Schüssen wieder benutzen kann. Der andre Keil und das untere Ende der Blechröhre werden dagegen bei jedem Schuß zerstört, oder sind später nicht wieder zu finden.

Nach der von Fellers mitgetheilten Zeichnung ist das Bohrloch 3 Fuß tief, die Patrone 1 Fuß hoch, und eben so lang sind

sind auch die Keile. Fig. 229. zeigt den ganzen Apparat, nämlich *a* die sämtlichen Theile in ihrer Zusammensetzung, *b* den mit der breiten Seite nach unten gekehrten Keil, *c* denselben mit der Patrone und der Schnur, *d* den andern Keil mit der eisernen Stange und der eingefeilten Rinne, so wie *e* die hölzerne Rinne. Die Tiefe, in welcher gesprengt wurde, war ohne Zweifel mit der allgemeinen Meerestiefe an der Stelle, wo der Fangedamm errichtet wurde, übereinstimmend, betrug also etwa 20 Fufs.

Dieselbe Anordnung des Apparats wurde einige Jahre später bei den Sprengungs-Arbeiten in der Donau wieder gewählt. In der Beschreibung derselben *) wird gesagt, daß bei Anwendung der beschriebenen eisernen Keile der Schuß zwar sehr sicher erfolgte, und niemals die Entladung durch das Bohrloch stattfand, daß aber im Vergleich mit demjenigen Verfahren, wobei der obere Theil des Bohrloches durch kleine Steinstücke, Thon u. dergl. gefüllt und fest ausgeschlagen wurde, die Wirkung einer gleichen Pulvermenge viel geringer ausfiel. Es wird ferner erwähnt, daß die Wirkung um so geringer war, je weniger genau die Keile schlossen, und je größer der Spielraum zwischen dem Bohrloch und der Röhre blieb. Man versuchte auch, den untern Keil, der jedesmal zur Seite geschleudert wurde und alsdann nicht wieder zu finden war, aus hartem Holz darzustellen, indem man sogar hoffte, dadurch einen genauern Schluß zu erreichen. Dieser Versuch mißglückte aber vollständig, indem die hölzernen Keile zersplittert wurden, und die Entladungen durch das Bohrloch erfolgten, ohne den Stein zu sprengen.

Die Wirkung der Keile besteht ohne Zweifel darin, daß beide beim Explodiren des Pulvers aufwärts getrieben werden, jedoch nicht mit gleicher Kraft. Derjenige, dessen größere Basis abwärts gekehrt ist, und der überdies ein geringeres Gewicht hat, als der andre, wird stärker heraufgestossen. Er überholt daher jenen, beide drängen sich gegeneinander, und schließen das Bohrloch. Die Blechröhre wird bei diesem Zusammenstoßen ohne Zweifel sogleich gesprengt und die Keile pressen sich so kräftig an die Wände des Bohrlochs, daß der ganze Schuß sich nicht mehr nach oben

*) Nachrichten von den 1778 bis 81 in dem Strudel der Donau vorgenommenen Arbeiten Wien 1781. Seite 27.

entladen kann und folglich seitwärts wirken muß. Es ist indessen klar, daß wenn schon die Röhre das Bohrloch nicht vollständig ausfüllt, die Keile dieses noch weniger thun können, sie lassen vielmehr, wenn sie sich auch weit übereinander schieben, zu beiden Seiten freie Räume offen, durch welche ein großer Theil der comprimierten Luft entweichen kann. Andererseits ist es aber nicht in Abrede zu stellen, daß die Methode nicht nur große Bequemlichkeit bietet, sondern auch in sofern sehr sicher ist, als beim Einschreiben der Keile eine Beschädigung der Blechröhre und des Zünders weniger zu besorgen ist, als wenn der Besatz darin eingestampft wird.

Bei diesen Sprengungs-Arbeiten an der Donau wurde außer der so oben beschriebnen noch eine andre Methode angewendet, die zwar weniger sicher, aber, wenn sie glückte, bei gleicher Ladung viel wirksamer war, als die erste. Eine Blechbüchse, Fig. 230. a, oben geschlossen und unten mit einem Deckel versehen, der wasserdicht aufgesetzt werden konnte, wurde durch die Pulverladung vollständig gefüllt. Oben war eine feine Blechröhre, oder die Zündröhre angelöthet, durch welche der Zündfaden gezogen wurde. Letzterer mußte zuerst und zwar so tief hineingesteckt werden, daß er bis mitten in die Pulverbüchse reichte. Alsdann führte man diese an, und schob den Deckel auf, dessen vorstehender Rand vorher mit Talg eingerieben war, um den Zutritt des Wassers zu verhindern. Die Büchse wurde nunmehr in das Bohrloch geschoben (Fig. 230. d). Indem man jedoch besorgte, daß bei dem Feststoßen des Besatzes die Pulverbüchse und Zündröhre leiden könnten, so wurde zum Schutz beider eine starke eiserne, am untern Ende mit einer Scheibe versehene Rinne, Fig. 230. b, darüber gelegt, die bis über Wasser sich fortsetzte.

Die Scheibe oder Schutz-Platte durfte indessen nicht unmittelbar auf der Büchse aufliegen, weil letztere alsdann durch die Schläge beim Einstampfen des Besatzes noch beschädigt werden konnte. Man zog daher die in Fig. 230. c dargestellte Schraubenklemme über die eiserne Rinne und zugleich über die Zündröhre, bis die nach unten gekehrte starke Schraube, die als Fuß diente, den Felsen berührte. Hierauf hob man die Klemme zugleich mit der Rinne wieder heraus, und befestigte durch die drei Schraubenschrauben beide gegen einander, wobei indessen die Zünd-

röhre so viel Spielraum behielt, daß sie nicht mitgefaßt wurde. Man stellte alsdann den Apparat wieder ein, und mittelst eines langen Schraubenschlüssels wurde der Kopf der nach unten gekehrten Schraube etwa einmal umgedreht, um den gewünschten Spielraum zwischen der Pulverbüchse und der Platte darzustellen. Endlich wurde mit Hülfe eines Trichters das Material, woraus der Besatz gebildet werden sollte, nämlich feine Steinstückchen und Thon in das Bohrloch geworfen, und durch einen passend geformten Ladestock in dünnen Lagen festgestampft. Fig. 230. *d* zeigt die Zusammensetzung der ganzen Vorrichtung.

Der über die Felsen stürzende Strom war hier so heftig, daß man besondere Vorkehrungen zur Mäßigung desselben treffen mußte. Diese bestanden darin, daß man theils gewöhnliche Schiffe oberhalb der zu sprengenden Felsen durch Einlassen von Wasser auf den Grund stellte, theils aber benutzte man dazu auch besondere Staukasten, wie Fig. 231. einen solchen zeigt. Die Dimensionen derselben sind nicht mitgetheilt, es ergibt sich aber aus der Figur, daß sie im Grundriß nahe rechtwinklige und zwar gleichschenklige Dreiecke bildeten, deren Schenkel sich über die Basis, d. h. über die dritte Seitenwand des Kastens verlängerten, und dadurch den Strom noch vollständiger von dem dazwischen liegenden Raum abhielten. Die Kasten selbst waren wasserdicht, und wurden mit Kies so stark beschwert, daß sie auf dem Grunde aufstanden. Man fand es aber vortheilhaft, mehrere solcher Kasten von geringer Höhe übereinander zu setzen, wodurch theils die Mühe der Aufstellung vermindert, besonders aber bei plötzlichen Anschwellungen das Abfahren erleichtert wurde, indem alsdann nur einige Arbeiter in den obern Kasten hineinsteigen und den darin befindlichen Kies auswerfen durften, worauf dieser Kasten forttrieb und die übrigen, die nicht belastet waren, sich hoben und gleichfalls leicht fortgebracht werden konnten.

Diese Arbeiten wurden im vorigen Jahrhundert ohnfern des Städtchens Grein in dem berühmigten Donau-Wirbel und Donau-Strudel ausgeführt, wovon bereits §. 21. die Rede war. Die Schifffahrt blieb indessen, wie oben erwähnt, hier noch immer sehr gefährlich, woher in neuerer Zeit die Sprengungen fortgesetzt sind. Auch weiter abwärts bei Orsowa in dem sogenannten eisernen

hat man ähnliche Arbeiten unternommen, die zu sehr günstigen Erfolgen geführt haben sollen. Wegen der scharfen Winter tiefsten Rinne im heftigen Strom zwischen den Felsen, war die Schifffahrt früher beinahe ganz unterbrochen, nach den von 1849 von der Dampfschiffahrts-Gesellschaft ausgeführten Sprengungen geht nunmehr nicht nur Dampfschiffe auf- und ab, sondern es werden von solchen auch Segelschiffe geschleppt.^{*)} Nähere Angaben über das dabei angewendete Verfahren sind nicht bekannt geworden.

Es ist schon erwähnt (§. 52.), daß mehrere große Granitblöcke, welche früher die Mündung der Dange zum Theil sperrten, durch den Hafen-Bauinspector Veit in Memel beseitigt wurden. Diese waren so schwer, daß sie vor dem Heben gesprengt werden mußten, und hierzu wurde ein Verfahren angewendet, welches von den bisher beschriebenen Methoden in mancher Beziehung abwich.^{**)}

Die Bohrlöcher waren 1 Zoll 9 Linien weit und 27 Zoll tief, wurden aber in ihrer Mündung konisch bis auf 5 Zoll erweitert, um darin hölzerne Röhren einsetzen zu können. Die Pulverbüchse bestand wieder in einem Cylinder aus Weißblech, der je oben und unten durch aufgelöthete Böden verschlossen war. Der Boden war zum Einschütten des Pulvers mit einer kleinen Oeffnung versehen, und außerdem war eine blecherne Zündröhre daran gelöthet, die bis über Wasser reichte. Die Pulverbüchse war 9 Zoll hoch und hielt 1 Zoll $7\frac{1}{2}$ Linien im äußern Durchmesser, so daß sie in das Bohrloch, welches $1\frac{1}{2}$ Linien weit war, leicht eingeschoben werden konnte. Die Zündnadel war etwas stark. Der Schuß wurde in der Art vorbereitet, daß der Zündfaden in die Zündröhre eingeschoben wurde, und so weit, daß er bis zum Boden der Pulverbüchse herabreichte. Dieser Zündfaden bestand aus mehreren, lose gesponnen und schwach zusammengedrehten baumwollenen Fäden, in die man einen aus Pulver und Rum gebildeten Brei eingeriebte. Diese Zurichtung wurde gewählt, weil bei unmittelba-

^{*)} Forster's allgemeine Bauzeitung. 1850. Notizblatt Seite 279.

^{**)} Beiträge zur Kunde Preussens. I. Seite 221.

rer Anfüllung der Zündröhre mit Pulver das Feuer sich nur wenige Fuß weit fortsetze, und die Entzündung des Schusses bei der vorhandenen großen Tiefe nicht erfolgte.

Sobald der Zündfaden eingebracht war, wurde die Pulverbüchse gefüllt, und die obere Oeffnung mit einem gut passenden Kork geschlossen. Ehe man indessen den Schuß in das Bohrloch brachte, wurde in dessen obere Erweiterung eine 8 Zoll starke und $2\frac{1}{2}$ Zoll weit ausgebohrte tannene Röhre gesteckt, die dem Bohrloch entsprechend, am untern Ende konisch zugespitzt war. Durch die Oeffnung dieser Röhre konnte die Pulverbüchse sehr sicher und bequem eingesetzt werden, außerdem aber wurde es hierdurch auch möglich, den Thon, der den Besatz des Schusses bilden sollte, vor starker Benetzung und völligem Erweichen zu sichern. Der letzte Zweck erforderte einen wasserdichten Schluß zwischen der Röhre und dem Stein, und ein solcher wurde dadurch bewirkt, daß das konische Ende der hölzernen Röhre unten nur schwach, weiter aufwärts dagegen sehr stark mit Heede umwunden, und diese mit einer Mischung von Theer und Asche bestrichen war. Außerdem wurde ein ringförmiger Sack aus Segeltuch, der mit grobem Kies gefüllt war, oberhalb dieser Umwicklung an die Röhre genagelt, und er bildete, wenn die Röhre fest eingetrieben wurde, einen Schirm, der die ganze Packung zusammenhielt, und namentlich das Heraufziehen des Polsters aus Heede, oder dessen völlige Ablösung verhinderte. Fig. 232. zeigt die ganze Anordnung.

Nachdem die hölzerne Röhre aufgesetzt und mit einer Handramme fest eingetrieben war, entfernte man mittelst eines Schwammes das Wasser aus dem Bohrloch, schob die Pulverbüchse an der Zündröhre hinein, und schüttete trocknen Lehm mit Ziegelmehl auf, der in dünnen Schichten mit einem passend geformten Ladestock vorsichtig festgestampft wurde.

Die Sprengung geschah unter Eis. Die Explosion war kaum hörbar, und die Eisdecke wurde gar nicht erschüttert. Die hölzerne Röhre sprang aus dem Wasser und war unten gespalten, die Zündröhre dagegen wurde weit fortgeschleudert. Der Stein selbst war stets regelmäßig gesprungen, und die Fuge etwa einen halben Zoll weit geöffnet.

Diese Oeffnung genügte nicht, um einen Arm der Steinzange einbringen, und mittelst derselben den gelösten Theil heben zu kön-

Es mußte daher eine andre Vorrichtung zum Fassen des Steins gewählt werden, und dieses war der Hakenkeil, den schon Berg mit Vortheil benutzt hatte. Es kam indessen auch darauf an, denselben so anzusetzen, daß er ungefähr die Richtung des Schlags hatte, nachdem der Stein bereits aus dem Grunde gehoben war. Zu diesem Zweck begnügte man sich nicht mit einem Hakenkeil, sondern benutzte wenigstens zwei derselben.

Nachdem, wie oben (§. 52.) erwähnt, die Form des Steins, welche im horizontalen Querschnitt ermittelt war, wurden von derselben Rüstung aus die zur Aufnahme der Hakenkeile dienenden cylindrischen Oeffnungen gebohrt. Diese waren 1 Zoll im Innern weit und wenigstens 15 Zoll tief.

Der Hakenkeil besteht nach Fig. 226 aus zwei Theilen, einem kürzern, dessen oberes Ende mit dem Haken versehen ist, der an der Kette des Hebezuges gefaßt wird, und einem längern, dem Schlußkeil, der bis über Wasser reicht. Sind beide Theile nebeneinander gelegt, daß ihre untern Enden in eine Ebene liegen, wie Fig. 226. a zeigt, so bildet ihr Querschnitt eine Ellipse, Fig. 226. c, und zwar muß die große Achse derselben etwas größer, und die kleinere etwas kleiner als der Durchmesser des Bohrlochs sein. Beide Theile werden durch eine schräge Schnittlinie von einander getrennt, welche ihnen die keilförmige Gestalt giebt.

Will man mit diesem Apparat den Stein fassen, so schiebt man den längern Theil, oder den Schlußkeil zurück, wie Figur 226. b zeigt, und befestigt ihn mit einem Faden oder Draht an den Rüstungen. Man schiebt hierauf beide Theile in das Bohrloch, jedoch so weit, daß der Hakenkeil nicht den Boden desselben berührt. Das untere Ende des Schlußkeils dringt gleichfalls in das Bohrloch, indem bei dieser Stellung der Keile gegeneinander ihre scheinbare Breite noch kleiner bleibt, als der Durchmesser des Bohrlochs. Hiernach treibt man den Schlußkeil, dessen Kopf über den Wasserspiegel vortragt, mit einem schweren Hammer ein.

Die oben erwähnte leichte Verbindung beider Theile löst sich dabei, und der Hakenkeil wird so fest geklemmt, daß er durch den stärksten Zug nicht heraußergerissen werden kann, so lange die gegenseitige Druck besteht. Der Haken, in welchen die Kette des Hebezuges eingreift, muß ziemlich nahe über der Oberfläche

des Steins bleiben, damit er nicht etwa abbricht, falls der Stein, dessen Form und Schwerpunkt man nicht genau kennt, beim Heben eine andre Lage annehmen sollte. Man befestigt aber den Haken, bevor er eingesetzt wird, an die Zugkette. Der Schluskeil hat oben eine Oese, damit man ihn bequem herablassen und festbinden kann. Noch muß erwähnt werden, daß man bei größern Steinen zwei oder drei Hakenkeile einsetzte, deren jeder durch eine besondere Kette gefaßt wurde. Im letzten Falle behielt der Stein seine frühere Lage, wenn nur sein Schwerpunkt innerhalb der drei Unterstützungs-Punkte lag. Wollte man endlich, nachdem der Stein gehoben war, die Keile lösen, so genügten dazu einige Hammerschläge auf den Haken, der nicht auf dem Boden des Bohrlochs aufstand, weil er sonst nicht weiter herabgetrieben werden konnte.

Schon vor dem Einsetzen hing man die Haken in starke Stropfen, die mit Kauschen (Theil I. §. 35.) versehen waren, woran Flaschenzüge befestigt wurden. Sodann band man die Stropfen und die obern Theile der Haken an Stäbe, um sie sicher in die Bohrlöcher bringen zu können, worauf die Schluskeile eingestellt und festgeschlagen wurden. Die Hakenkeile wurden aber in solcher Richtung eingesetzt, daß beide Schluskeile von einander abgekehrt waren. Dadurch wurde der Vortheil erreicht, daß dieselben bei eintretender Seitendrehung des Steins nicht gegen die Stropfen sich lehnen konnten, wodurch sie möglicher Weise gelöst wären.

Zu den wichtigsten Sprengungs-Arbeiten der neuern Zeit gehören diejenigen, die im felsigen Bette des Rheins von Bingen abwärts bis gegen St. Goar ausgeführt sind. Der Hundsrück und der Taunus treten hier auf beiden Ufern einander gegenüber, und das Gebirge, welches im Strombette sich fortsetzt, verbindet beide. Wenn im Laufe der Zeit zwischen den vielen höhern Klippen, die sogar über Wasser treten, auch tiefere Rinnen sich ausgebildet haben, so bleibt das Bett doch so beschränkt, daß die Wassermasse nur mit großer Geschwindigkeit, also mit starkem Gefälle abgeführt werden kann. In den ersten 1600 Ruthen unterhalb der Mündung der Nahe beträgt das relative Gefälle 1 : 1606, doch ist auch dieses keineswegs gleichmäßig vertheilt, also stellenweise noch größer. Die stärksten Gefälle, die sich bei niedrigem Wasserstande als förmliche Wasserstürze darstellen, befinden sich in dem berühmten Binger-Loch und weiter abwärts zwischen Caub und

Waldarach in dem Wilden Gefähr. In gewisser Beziehung ist die letzte Stelle noch gefährlicher, als die erste, denn im Binger-Loch liegt das Fahrwasser unmittelbar neben dem rechten Ufer, während die Wilde Gefahr in der Mitte des sehr breiten Stroms durchfahren werden muß, wo also die tiefe Stromrinne schwieriger zu finden ist. Die relativen Gefälle sind hier größer, als sonst irgendwo auf dem ganzen Rhein zwischen Basel und der Nordsee, die Bergfahrt ist daher schwierig und die Thalfahrt wegen des starken Wassersturzes und wegen der geringen Breite und Tiefe und der vielfachen Windungen des Fahrwassers zwischen den höhern Felsklüffen höchst gefährlich. Andre Stellen, wie das Winker-Loch ober Lorchhausen, die Bank oberhalb St. Goar und mehrere andre sind weniger gefährlich, obwohl sie gleichfalls nur mit Vorsicht und genauer Lokalkenntniß sicher durchfahren werden können.

Das Gebirge, welches den Strom durchsetzt, besteht aus Grauwacke, wovon vielfach und zum Theil mächtige Lagen Quarz eingesprengt sind. Diese haben dem Stöße des Wassers und Eises, auch wohl dem der Schiffe und Flösse widerstanden, während die weichere Grauwacke bis zu größerer Tiefe ausgebrochen ist. Das eigentliche Binger-Loch ist die Fahrrinne in einem scharfen Felsrücken, der sich unterhalb der Ruine Ehrenfels quer durch den Rhein erstreckt und aus einer besonders mächtigen, aufwärts gekehrten Quarz-Schicht besteht. Fig. 255. auf Taf. XXXIII. zeigt die Situation des Binger-Lochs und seiner nächsten Umgebungen.

Nach verschiedenen ziemlich unsichern Nachrichten sollen hier schon zur Zeit der Römischen Kaiser und später unter Karl dem Großen einzelne besonders gefährliche Felsen ausgebrochen sein. Der Erzbischof Siegfried zu Mainz, der zur Zeit Heinrich IV. lebte, nahm diese Arbeiten wieder auf, doch blieb die Schifffahrt so beschränkt, daß nur kleinere Fahrzeuge und Holzflösse zu Thal fuhren, die Bergfahrt aber bei Asmannshausen unterbrochen war, und die Fracht hier ausgeladen, auf den steilen Bergpfaden über den Niederwald transportirt, und erst bei Elbingen oberhalb Rüdesheim wieder in Schiffe verladen wurden.

Sehr bedeutend waren die Arbeiten, die im Anfange des sechzehnten Jahrhunderts das Handlungshaus von Stockum in Frankfurt ausführen ließ. Das noch jetzt als Fahrrinne benutzte Binger-Loch soll damals eröffnet sein.

Später geschah nichts für die Verbesserung des Fahrwassers. Eines Theils mag im Laufe einiger Jahrhunderte, und namentlich nachdem eine bestimmte Rinne vorgezeichnet war, der Strom und das Eis, so wie auch die darüber gehenden Fahrzeuge die Tiefe etwas vergrößert haben. Dieses ist um so wahrscheinlicher, als alle vortretende Felsköpfe glatt abgeschliffen sind, und dadurch auch die Gefahr beim Aufstossen etwas vermindert wurde. Andern Theils bildeten sich nach und nach die Lokal-Steuerleute besser aus, und indem sie die Gefahr in ihrer ganzen Grösse kannten, so führten sie nur bei günstiger Witterung die Schiffe hindurch, und sorgten dafür, daß dieselben nicht bis zur ganzen vorhandenen Tiefe eintauchten, sondern noch hinreichendes Wasser unter dem Boden behielten. Der Nullpunkt des alten Pegels in Bingen, der früher die zulässige Tiefe der Einsenkung bezeichnet haben soll, liegt einen vollen Fuß, Cölner Maafs, über der Sohle des Binger-Lochs. So geschah es, daß ohnerachtet der sehr grossen Erschwerung der Schifffahrt und namentlich des sehr lästigen Zeitverlustes, dennoch wenig Unglücksfälle vorkamen, und die Klagen über die schlechte Beschaffenheit des Fahrwassers lange Zeit hindurch nicht die Aufmerksamkeit der Regierungen und des Publikums auf sich zogen. Die Schiffer betrachten gemeinhin Schifffahrtshindernisse, die sie aus frühster Jugend kennen, als nothwendige Uebel, die sich nicht beseitigen lassen. Sie fangen erst an zu klagen, wenn einzelne Schifffahrtshindernisse beseitigt sind, also ein augenscheinlicher Beweis vorliegt, daß die uralten Uebelstände wirklich entfernt werden können.

Die Einführung der Dampfschiffe auf dem Rhein liefs die damaligen Mängel sehr deutlich erkennen. Wenn die Boote auch den ungünstigen localen Verhältnissen entsprechend eingerichtet waren, so wurde doch nunmehr die Forderung gestellt, daß die Fahrten regelmäfsig, also unabhängig von dem Wasserstande und der Witterung stattfinden sollten. Diese Bedingung liefs sich freilich nicht vollständig erfüllen, bei starkem Nebel und bei besonders niedrigem Wasser hört auch gegenwärtig der Dienst auf, aber widrige Winde, die in dortiger Gegend besonders häufig eintreten, sollten die Fahrten nicht mehr behindern, und dieses war bei der Enge und den vielfachen Krümmungen des Fahrwassers nicht möglich. Bald nach Eröffnung der Dampfschifffahrt stiefs im Jahr 1825 das Schiff Con-

cordia unterhalb des Binger-Lochs auf einen Felsen außerhalb des Fahrwassers und wurde stark beschädigt. Dieses Ereigniß, welches ohne Verschulden des Schiffsführers und Lootsen eingetreten war, bedrohte die vor Kurzem ins Leben getretene und für den Verkehr so wichtige Dampfschiffahrt.

Eine genaue Untersuchung des Fahrwassers und seiner Umgebungen wurde nunmehr angeordnet, und darauf begannen die wichtigen Sprengungen, die bis zum Jahr 1841 fortgesetzt wurden. Soweit sich diese auf die Strecke von oberhalb der Mündung der Nahe bis unterhalb des Binger-Lochs beziehen, sind die betreffenden Felsen im Situations-Plan Fig. 255. angegeben. Die beseitigten Felsen sind darin nur durch Contouren bezeichnet, während diejenigen, welche als unschädlich angesehen, und daher nicht gesprengt wurden, dunkel gehalten sind. Jene wurden soweit entfernt, daß sich über ihnen derselbe Wasserstand, wie im frühern Binger-Loch darstellte. Unter diesen herabzugehn würde wegen der übermäßigen Ausdehnung der Sprengungs-Arbeiten zu große Kosten veranlaßt haben, auch durfte der Stau, den die Felsen verursachten, nicht vermindert werden, da sonst die oberhalb belegene Strecke, vorlängs des Rhein-Gaus, die an sich schon sehr mäßige Schifffahrts-Tiefe verloren haben würde. Es handelte sich also nur um die Darstellung einer hinreichend breiten und möglichst geraden Fahrrinne.

Die Wassertiefe über den in der Figur mit Nummern bezeichneten Felsen waren um die nachstehenden Maasse geringer, als im Binger-Loch:

1. der Fahrstein 2 Fufs 7 Zoll,
2. der Mühlstein, der sich 15 Fufs 3 Zoll über Binger-Loch erhebt, ist nicht gesprengt, da er leicht umfahren werden kann,
3. die Fiddel 2 Fufs 4 Zoll,
4. die Bank 10 Zoll,
5. der Scharfenstein 2 Fufs 3 Zoll,
6. der Reiher 1 Fufs 6 Zoll,
7. der kleine Wegstein 6 Zoll,
8. der große Wegstein lag schon früher etwas unter Binger-Loch.
9. Im Lochstein sind die zur Seite des frühern Fahrwassers

vortretenden Felsen soweit beseitigt, daß dieses von 25 Fufs auf 150 Fufs verbreitet wurde,

10. der lange Ort 5 Zoll,

11. die Bänke 3 Fufs 5 Zoll,

12. der sogenannte Fels 1 Fufs 4 Zoll und

13. der Concordia-Stein, auf den das Dampfboot Concordia fuhr, 3 Fufs 6 Zoll.

Es darf kaum erwähnt werden, daß die vorstehenden Maße sich keineswegs auf einen gemeinschaftlichen Horizont beziehen, vielmehr dabei schon das Gefälle des Stroms berücksichtigt ist. Indem man die ganze Strecke von Bingen bis St. Goar als ein natürliches Wehr ansehen kann, so darf es nicht befremden, daß hier, wie bei künstlichen Wehren das Oberwasser zur Zeit der Anschwellungen sich weniger erhebt, als das Unterwasser. Bei niedrigem Wasser giebt der Cölner Pegel nahe die Fahrtiefe im Binger Loch an, die mit dem Nullpunkt des Binger Pegels übereinstimmt. Bei höherem Wasser sind die Differenzen aber sehr bedeutend, wie nachstehende Tabelle, die aus den Beobachtungen vom 1846 entnommen ist, ergibt.

Cölner Pegel.	Binger-Loch Fahrwasser.	Differenz.
4 Fufs 6 Zoll.	4 Fufs 4 Zoll.	0 Fufs 2 Zoll.
5 " 4 "	4 " 11 "	0 " 5 "
6 " 9 "	6 " 4 "	1 " 5 "
8 " 3 "	6 " 9 "	1 " 8 "
9 " 9 "	7 " 2 "	2 " 0 "
10 " 1 "	7 " 9 "	2 " 4 "
11 " 4 "	11 " 1 "	4 " 3 "
12 " 8 "	14 " 7 "	2 " 1 "
13 " 3 "	17 " 1 "	4 " 11 "
14 " 4 "	18 " 9 "	4 " 4 "

Diese Tabelle bezeichnet das Verhältniß der Wasserstände zu beiden Orten, doch ist es zu berücksichtigen, daß die Abweichungen der Wasserstände von dem mittleren sehr verschiedenen Erfolge der

und der Nebenströme herrühren. Während der größten der Rhein das Wasser des in der Schweiz schmelzen ab, wogegen die Nebenströme, also die Lahn, Mosel, den niedrigsten Stand erreicht haben. Es ergibt sich bei Vergleichung, daß die sehr mäßige Tiefe des Fahr- Binger-Loch zur Zeit der kleinsten Wasserstände we- ist, daß sie aber bei den gewöhnlichen niedrigen den zwischen 6 und 8 Fuß am Cölner Pegel schon eine Veränderung der Einsenkung der Schiffe bedingt.

den Jahren 1830 bis 1832 auf Kosten der Preussischen vorgenommenen Sprengungs - Arbeiten im eigentlichen oder auf dem Lochstein (No. 9. der Zeichnung) hat der Baumeister van den Bergh ausführlich beschrieben. *) Verfahren beim Sprengen stimmte im Allgemeinen mit beschriebenen überein, doch waren dabei, so wie auch stzten Apparaten manche Aenderungen eingeführt. Die se, deren Höhe dem dritten Theil der Tiefe des Bohr- kam, hielt 1 Zoll 8 Linien im äußern Durchmesser. den mit einem gut schließenden Deckel versehen, dessen Rand sich in die Büchse hineinschob. Oben, und der Mitte der Büchse war die blecherne Zündröhre von nien Durchmesser angelöthet. Dieselbe reichte jedoch über den Wasserspiegel herauf, sondern war nur 2 Fuß höchstens 3 Fuß lang. Die Zündschnur war durch sie zogen, und ihr oberes Ende trat über Wasser vor. Um gen Benetzung zu sichern, mußte der ganze Apparat in e Blechröhre von 1 Zoll 10 Linien Durchmesser einge- en, die unten mit einem angelötheten Boden versehen war, e über das Wasser herausreichte. Die Bohrlöcher wa- weit und durchschnittlich 2 Fuß 2 Zoll tief. In die er- te Blechröhre wurde die Pulverbüchse eingesetzt, und mittelst eines Ladestocks, dessen untere Platte eine sichel- stalt hatte, der Besatz aus angefeuchtetem Lehm beste- stampft. Nachdem dieses geschehn, brachte man die so Blechröhre in das Bohrloch. Letzteres mußte, um das

als Sprengungen im Rhein bei Bingen zur Erweiterung des Thal- ger Loche von L. van den Bergh. Koblenz 1834.

Hineinfallen von Sand zu verhindern, vorher durch eine konisch zugespitzte Stange geschlossen werden. Sobald aber die Blechröhre eingestellt war, diente der zwischen dieselbe und die Wand des Bohrlochs eintreibende Sand zur vollständigen Ausfüllung des Raums. Soviel wie möglich wurden immer mehrere Schüsse gleichzeitig angezündet, weil man hierdurch eine Verstärkung des Effects zu erreichen hoffte.

Beim Bohren waren jedesmal fünf Mann beschäftigt, zwei drehten den Bohrer und drei schlugen abwechselnd mit Hämmern darauf. Durchschnittlich wurde bei ununterbrochener Arbeit das Bohrloch in jeder Stunde 2 Zoll vertieft, wenn man jedoch alle Nebenarbeiten mit berücksichtigt, und die ganze vorgekommene Arbeitszeit durch die Gesammttiefe aller Bohrlöcher dividirt, so ergibt sich, daß auf je fünf Mann in einer Stunde nur eine Bohrtiefe von 1 Zoll 3 Linien trifft. Nachdem man drei Zoll gebohrt hatte, mußte jedesmal der Bohrer wieder geschärft, und nach achtmaligem Schärfen neu verstählt werden. Letzteres wiederholte sich also auf 2 Fuß Bohrtiefe einmal. Bei jedem Schuß wurden durchschnittlich $4\frac{1}{2}$ Cubikfuß Steinmasse gelöst, oder etwa 4 Quadratfuß der Oberfläche des Felsens abgebrochen. Auf jeden laufenden Fuß Bohrloch trafen nahe 2 Cubikfuß abgesprengten Gesteins.

Bei diesen Arbeiten wurde die Strömung durch einen Staukasten abgehalten, der dem in Fig. 231. auf Taf. XXVIII. dargestellten ähnlich war. Er unterschied sich indessen in seiner Form von diesem, insofern das vordere, dem Strom zugekehrte Ende einen spitzeren Winkel bildete. Der Boden des Kastens war wieder ein gleichschenkliches Dreieck, und zwar von 17 Fuß 6 Zoll Basis und 24 Fuß Höhe, beides im Lichten gemessen. Die Seitenwände traten aber noch 4 Fuß 4 Zoll als Flügel vor die Hinterwand oder die Basis dieses Dreiecks vor. Die Wände waren vorn 12 Fuß 3 Zoll und hinten 11 Fuß 3 Zoll hoch. Der Kasten wurde durch eingepackte Steine oberhalb der Stelle, wo man arbeiten wollte, auf den Grund gesetzt. Die Rüstung zum Bohren und Einsetzen der Schüsse bestand aus einem Floss von 38 Fuß Länge und 18 Fuß Breite, welches in der Art zusammengesetzt war, daß man mit Ausnahme des umgebenden Rahmens, alle Theile beliebig verschieben, und sonach an jeder Stelle innerhalb der Fläche des Flosses die Arbeit vornehmen konnte. Dieses Floss war theils zwischen dem

Flügeln des Kastens befestigt, theils aber wurde es auch am hintern Ende noch von zwei angebundenen Ankernachen getragen.

Der Stankasten mit dem Floss bot allerdings für das Sprengen und Bohren eine große Bequemlichkeit, in dem sehr beengten Fahrwasser war er aber für die Schifffahrt höchst störend, und er würde, wenn die Dampf-Schleppschiffe schon damals diesen Theil des Rheins befahren hätten, wie jetzt geschieht, keine Anwendung haben finden können. Besonders wurde das Passiren der Holzflüsse sehr erschwert, und dieselben richteten wiederholentlich bedeutende Beschädigungen an dem Kasten an. Letzterer wurde sogar zweimal durch sie vollständig zertrümmert, und als dieses zum zweiten Male geschah, wurde die Arbeit eingestellt.

Wenn auch durch diese bis zum Jahr 1832 fortgesetzten Arbeiten die Durchfahrt durch das eigentliche Binger-Loch wesentlich verbessert war, so gaben doch die vielfachen und nicht unbegründeten Klagen der Schiffer bald Veranlassung, die Felsensprengungen auch an andern benachbarten Stellen wieder aufzunehmen. Selbst das eigentliche Binger-Loch hatte in seiner Verbreitung noch nicht überall die volle Tiefe erhalten. Seit 1839 führte der Baupräsident Elsner diese Arbeiten aus, und das von ihm gewählte Verfahren war in mancher Beziehung von dem frühern verschieden.

Die Bohrlöcher waren 2½ Zoll weit, ihre Tiefe war aber um ½ Zoll größer als die Tiefe, bis zu welcher der Felsen gesprengt werden sollte. Ein Rohr von Weißblech, oben und unten offen und so lang, daß es über das Wasser vorragte, wurde etwa 3 Zoll tief in das Bohrloch eingetrieben. Die Pulverbüchse, die 2 Zoll im Durchmesser hielt, und deren Höhe etwas über den dritten Theil der Tiefe des Bohrlochs, also zwischen 10 und 12 Zoll betrug, war mit einer Zündröhre verbunden, die bis über Wasser heraufreichte. Beide bestanden aus Weißblech und waren zusammengelöthet. Der Deckel am untern Ende der Pulverbüchse wurde vor dem Einschieben mit Talg bestrichen, um gleichfalls einen wasserdichten Schuß zu bilden. In die Zündröhre schob man zuerst den Zündfaden ein, der aus einem losen baumwollenen Faden bestand, in welchen man Pulver, das in Spiritus zerlassen war, eingerieben hatte. Demnächst wurde die Büchse mit Pulver gefüllt, jedoch nicht vollständig, sondern nur so weit, daß sie etwa einen halben Zoll hoch frei blieb.

Nachdem die Pulverbüchse an der Zündröhre durch das Schutzrohr hindurch in das Bohrloch eingestellt war, schüttete man in dieses zuerst eine kleine Quantität feinen Sandes, um den freien Raum außerhalb der Pulverbüchse auszufüllen. Der eigentliche Besatz bestand aus grobem Sand, und diesen warf man so reichlich ein, daß er nicht nur das ganze Bohrloch füllte, sondern sogar einige Zoll hoch über der Oberfläche des Steins das Schutzrohr ausfüllte. Mit einem passend geformten Ladestock wurde zuletzt der Sand vorsichtig festgestampft. Das Anzünden geschah gewöhnlich gleich nach der Vorbereitung jedes einzelnen Schusses. Mehr als zwei Schüsse wurden aber nie zu gleicher Zeit angezündet.

Ich bin beim Abfeuern einiger Schüsse, und zwar auf dem Scharfenstein, zugegen gewesen. Der Wasserstand über dem Stein betrug nahe 8 Fuß. Die Entzündung erfolgte jedesmal unter einem dumpfen Krachen, und die spätere Untersuchung mit dem Visitir-Eisen ergab, daß die Sprengung des Felsens gehörig erfolgt war. Ein Auswerfen einzelner Steinstücke bis über Wasser trat nicht ein, nur die Schutzröhre und Zündröhre, die beide an ihren obern Enden festgebunden waren, brachen unten ab. Sie waren im größten Theile ihrer Länge nicht beschädigt, und konnten daher wiederholentlich benutzt werden, nachdem die fehlenden Theile erneut waren.

Zum Abhalten des Stroms hatte man hier ein sehr einfaches Mittel gewählt, das, wenn es auch weniger bequem als der Staukasten war, doch den Vortheil gewährte, daß man im Fall der Noth, oder sobald ein Schiff oder Floss dagegen zu stoßen drohte, augenblicklich den ganzen Apparat lösen und treiben lassen konnte. Die Beschädigungen beschränkten sich daher in solchem Fall allein auf die Theile, die vielleicht im Bohrloch schon festgestellt waren. Die erwähnte Vorrichtung bestand in einer Rinne, die dadurch gebildet war, daß man zwei Bretter der Länge nach rechtwinklich auf einander genagelt hatte. Diese Rinne wurde ungefähr senkrecht aufgestellt, so daß der rechte Winkel dem Strom zugekehrt war, und in dem innern Raum zwischen den beiden Brettern wurde gebohrt und das Schutzrohr aufgestellt. Der obere Theil der Rinne war zwischen dem Nachen und einem leichten Floss, das nur aus zwei Bäumen bestand, festgeklemmt, während der untere mit einem Ringe versehene Theil durch ein Tau, das am Vordertheil des

Nachens schräge herabreichte, gehalten wurde. Der Nachen selbst lag vor Anker oder war am Ufer befestigt, und um Seitenbewegungen desselben zu verhindern, waren vier Bäume auf beiden Seiten und zwar sowohl vorn, als hinten, schräge ausgesetzt. Sobald es darauf ankam, einem Schiff oder Floss auszuweichen, durfte man nur das Ankertau oder das Fangetau lösen, worauf sogleich der ganze Apparat frei wurde und mit dem Strom herabtrieb. Nichts desto weniger wurde auch bei diesen Arbeiten der große Staumaten wieder benutzt, so oft die Richtung des Fahrwassers ein Gegenstoßen der Schiffe und Flösse nicht besorgen liefs.

Bei der Zunahme des Schiffsverkehrs auf dem Rhein und namentlich bei der weitem Ausdehnung der Dampf-Schleppschiffahrt haben die Anforderungen sich wieder wesentlich gesteigert, und wenn auch die Tiefe des ursprünglichen Binger-Lochs bei allen Sprengungs-Arbeiten bis St. Goar noch immer als Norm gilt, so waren dennoch die Fahrwasser an vielen Stellen zu verbreiten und gerade zu legen und auch insofern zu vertiefen, als man früher nur die höchsten Kuppen in der Sohle bemerkt und beseitigt hatte, während andre daneben unbeachtet geblieben waren, auf welchen der beabsichtigte Wasserstand sich noch nicht vorfand. Dabei stellte sich auch in mehreren Strecken das Bedürfnis heraus, den hinauf gehenden Schiffen besondere Fahrwasser zu eröffnen, weil in den engen Rinnen ein Begegnen nicht zulässig war, und daher neben diesen Wahrachauen eingerichtet werden mußten, wodurch den aufwärts fahrenden Schiffen durch eine Flagge das Signal zum Anhalten gegeben wurde, sobald ein herabkommendes Schiff oder Floss sich dem Eingange der Rinne näherte. Bei dieser Erweiterung der bestehenden und Eröffnung neuer Fahrwasser durfte insofern der Abfluß des Wassers nicht so verstärkt werden, daß eine Senkung des Wasserspiegels eintreten konnte, weil hierdurch die hergestellte Tiefe wieder verschwunden, auch in den oberhalb gelegenen Stromstrecken vielleicht neue Untiefen sich gezeigt hätten. Es mußte also in solchem Falle eine Verbauung des Strombetts erfolgen, die das Wasser in gleichem Maaße zurückhielt, wie der Abfluß durch die Aenderung jener Rinnen befördert wurde.

Fig 255. auf Taf. XXXIII. zeigt in den punktirten Linien die Veränderungen des Strombetts in der Nähe des Binger-Lochs, an deren Vervollständigung auch noch gearbeitet wird. Die Felsen-

Sprengungen sind unter Einführung des im Folgenden beschriebenen Verfahrens bedeutend weiter ausgedehnt. Das eigentliche Binger-Loch ist in angemessener Weite verbreitet, auch ist eine große Anzahl der gefährlichen Klippen bereits beseitigt. Da aber auf diese Weise der Abfluß des Wassers erleichtert wurde, so mußte, wie erwähnt, eine starke Einschränkung des Strombetts vorgenommen werden. Diese ist, wie die Figur zeigt, auf der linken Seite erfolgt, und da hier ein neues Fahrwasser eröffnet worden ist, das auf der concaven Seite liegt, so durfte dieses nicht durch Bühnenköpfe begrenzt bleiben, vielmehr war es nöthig, dieselben durch ein Parallelwerk zu verbinden, welches sich noch etwas über die Ausdehnung der Zeichnung fortsetzt, während weiter abwärts, wo die Krümmung sich mäßigt, nur Bühnen erbaut sind.

Das erwähnte zweite, linkseitige Fahrwasser, welches das Binger-Loch umgeht, wurde theils dargestellt, um den zu Berg fahrenden Schiffen einen besondern Weg anzuweisen, damit sie nicht den Durchgang der Flösse abwarten dürfen, wenn solche durch die Wahrschau auf dem Mäusethurm angekündigt worden, theils aber mußte auch für einen bequemen Zugang zum Hafen der Rheinahebahn gesorgt werden, der links vom Mäusethum im Ufer ausgehoben ist. Beide Fahrwasser sind durch einen hohen Steindamm von einander getrennt, der sich an das Riff anschließt, in welchem das Binger-Loch sich befindet. Diese Trennung war nothwendig, weil ohne sie das Wasser aus dem linkseitigen Fahrwasser in das rechtseitige oder in das Unterwasser des Binger-Lochs zurückgetreten und die Kies-Ablagerung im untern Theil des ersten Fahrwassers nicht zu vermeiden gewesen wäre.

Die neueren Felsensprengungen, die sich von der Mündung der Nahe bis St. Goar erstrecken, werden unter Leitung des Strom-Baudirectors Nobiling vom Bauinspector Hipp ausgeführt, wobei längere Zeit hindurch der Baumeister Hartmann beschäftigt wurde. Letzterer hat von dieser ganzen Stromstrecke mit den darin liegenden Felsen und Kiesbänken eine übersichtliche Charte im Maassstabe von 1 : 25000 bekannt gemacht. *)

Wenn man früher auch die höhern Felsen kannte, welche vorzugsweise die Schifffahrt gefährden, auch nach der §. 13. bezeich-

*) Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen 1868. Band XVIII. S. 400.

alten Methode die höchsten Kuppen in den einzelnen Riffen ermittelt waren, so genügte dieses doch nicht für die nunmehr beabsichtigte Darstellung hinreichend breiter und gehörig gerichteter Fahrinnen, die überall dieselbe Tiefe, wie das Binger-Loch haben sollten. Es kam darauf an, die Höhenlage aller Punkte der im Fahrwasser liegenden Felsbänke zu ermitteln, soweit der beabsichtigte Wasserstand darüber nicht vorhanden war. Da aber möglicher Weise in Folge der weitem Ausbildung der Rinnen die bestehenden Gefälle sich anders vertheilen konnten, so durfte bei den Tiefenmessungen jene Grenze nicht mehr beibehalten werden, man stellte sich vielmehr die Aufgabe noch um 2 Fuß darüber hinauszugehn, also alle Tiefen bis zu 2 Fuß unter Binger-Loch zu messen. Das dabei angewendete Verfahren hat Hartmann ausführlich beschrieben.^{*)} Es mag hier nur das Verfahren in soweit mitgetheilt werden, als es nach den dabei gesammelten Erfahrungen sich als das zweckmäßigste herausstellte.

Zunächst mußten die Ufer des Rheins bei einem bestimmten niedrigen Wasserstande genau vermessen, und die nöthige Anzahl von Festpunkten auf denselben bestimmt werden, von welchen aus durch Einschnelden die Lage jeder untersuchten Stelle sich sicher ermitteln ließ. Man ging bei dieser Aufnahme von den Dreieckspunkten der Landes-Vermessung aus, und bestimmte hiernach trigonometrisch die neu gebildeten Festpunkte an beiden Ufern, die durchschnittlich an jeder Seite 100 Ruthen von einander entfernt lagen, wenn keine Veranlassung war, sie näher zusammenzurücken. War letzteres der Fall, so war ihr Abstand nur der jedesmaligen Breite des Stroms gleich. Traten aber in besonders wichtigen Stellen einzelne Klippen hinreichend weit über Wasser vor, so wurden in diese Löcher gebohrt und darin Signale aufgestellt, die mit den an den Ufern befindlichen gleichfalls trigonometrisch verbunden wurden.

Die dem Fahrwasser zu gebenden Richtungen waren keineswegs allein durch die Lage der Felsen bedingt, und da man letztere im Allgemeinen schon früher kannte, so ließen sich mit Rücksicht auf die sonstigen Bedingungen (§. 28.) die beiderseitigen Gren-

^{*)} Beschreibung der speciellen Aufnahme und Verpeilung des Rheinstromsetzes in Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen 1865. Band XVIII. S. 231

zen des zu wählenden Fahrwassers schon vorher feststellen, und durch Signale auf einem oder dem andern Ufer so sicher bezeichnen, daß man bei den Tiefenmessungen diese Grenzen stets deutlich erkennen konnte.

Nunmehr kam es darauf an zu untersuchen, ob in jedem Querschnitt der Rinne die beabsichtigten Tiefe schon vorhanden war, und wo dieses nicht der Fall war, mußten die Tiefen speciell gemessen, auch ermittelt werden, ob die Untiefe aus gewachsenem Felsen oder aus Kies besteht. Wenn man aber Kies fand, so mußte noch durch Abbohren die Gewißheit darüber erlangt werden, daß nicht etwa unter demselben sich noch Felsen befanden, die über das angegebne Maafs herausreichten. Diese Untersuchungen wurden zunächst durch die sehr heftige Strömung wesentlich erschwert. Im Binger-Loch fand man das absolute Gefälle auf 148 Ruthen gleich 1,6 Fufs, relativ ist es also 1 : 1130, und wenn an andern Stellen auch etwas geringer, so war es doch fast überall, wo Felsen zu messen waren, noch so bedeutend, daß man keine Apparate anwenden durfte, welche dem Strom eine ausgedehnte Angriffsfläche entgegensetzten, und selbst für grössere Fahrzeuge, die stromrecht schwammen, mußte man zuweilen den schweren Anker noch durch einen zweiten unterstützen, da der Felsboden ein sicheres Eingreifen nicht gestattete. Sodann forderte auch die frequente Schifffahrt solche Anordnung, daß jede Hemmung derselben vermieden wurde, wenn aber große Flösse herabgingen, deren Weg sich nicht sicher vorher bestimmen läßt, so mußte die Arbeit jedesmal unterbrochen und die Fahrbahn in übermässiger Breite freigestellt werden.

Um sich zu überzeugen, ob in dem bezeichneten Fahrwasser Untiefen lagen, die jenes Maafs überstiegen, bediente man sich einer fliegenden Brücke, wie solche am Rhein vielfach vorkommen. Dieselbe war auch mit Buchtnachen versehen. An einer Seite des einen Fahrzeugs war ein eiserner Rahmen angebracht, dessen untere Seite in einem 25 Fufs langen, schweren Eisenstabe bestand, der nach dem jedesmaligen Wasserstande 2 Fufs unter Binger-Loch-Sohle hing. Wenn dieser Rahmen beim Ueberscheeren der Brücke den Felsboden oder eine Kiesbank auch nur wenig berührte, so gab sich dieses schon durch das Gehör zu erkennen. Bei stärkerem Gegenstossen legte der Rahmen sich aber seitwärts

am Geschah dieses, so mußte die Stelle der Brücke gegen die Festpunkte bestimmt werden. Die Ankerkette wurde nach jedesmaligem Ueberfahren um 24 Fuß eingeholt, so daß die Untersuchung beim nächsten Schlage sich an die vorhergehende anschloß.

Zur speciellen Vermessung der in dieser Art aufgefundenen Untiefen bediente man sich zweier sogenannten Rhein-Nachen von 60 Fuß Länge und 8 Fuß Breite. Dieselben wurden stromrecht und parallel zu einander an beide Seiten des zu untersuchenden Theils der Untiefe festgelegt. Zunächst wurden von einem Nachen aus zwei Anker, einer stromauf- und der andre stromabwärts ausgebracht, sodann zwei Anker auf der Seite des Fahrzeuges, welche zum Fahrwasser abgekehrt war, einer am vordern der andre am hintern Ende. Dieses genügte aber noch nicht, und man mußte daher noch neben jedes Seitentau einen Schurbaum aussetzen. Dieses ist ein starker, am untern Ende mit Eisen beschlagener Baum, der schräge auf den Grund gestellt und durch ein umgeschlungenes Tau gegen das Schiff befestigt wird, um zu verhindern, daß Letzteres in der Richtung des Baums sich nicht weiter bewegt. Durch die vereinigte Wirkung des Ankertaus und des Schurbaums wird jede Bewegung in der Richtung derselben verhindert, und nachdem dieses erfolgt war, konnte von den Festpunkten aus die Lage und Richtung der Nachen genau bestimmt werden.

Hatte die Untiefe keine bedeutende Breiten-Ausdehnung, oder wenn die Entfernung beider Nachen nicht größer als 40 Fuß war, so ließ der zweite durch zwei übergelegte Bäume sich sicher gegen den ersten befestigen, und bedurfte außerdem nur eines stromaufwärts ausgebrachten Ankers. Bei weiterer Entfernung ersetzte man diese Bäume durch Taue, und alsdann mußte man neben den zweiten Nachen noch Schurbäume stellen. Waren die Entfernungen aber sehr groß, wie beim Wilden-Gefähr, und der ganzen Breite der beobachteten Fahrrinne gleich, so blieb nur übrig, den zweiten Nachen ganz unabhängig vom ersten in derselben Art wie diesen fest zu stellen.

Der Raum zwischen beiden Nachen mußte ganz frei gehalten werden, und die Tiefenmessungen darin geschah von einem kleinen Nachen aus, der wieder vor einem in der Mittellinie ausgebrachten Anker lag, und von einem der größern Nachen nach dem andern überfuhr. Er war mit Beiden durch eingetheilte Leinen

verbunden, konnte also in jedem Punkte, wo die Messung geschah, festgehalten werden. Diese Punkte bestimmten sich aber durch die Lage beider Nachen gegen die Festpunkte, und durch die des kleinen Nachens gegen die ersteren.

Die Tiefenmessungen wurden in Abständen von 3 zu 3 Fuß nach den Marken an jener Leine gemacht, und sobald der Nachen einmal den Weg zurückgelegt hatte, wurde das Tau, an welchem er vor Anker lag, um 3 Fuß verkürzt. 13 Quadratruthen Wasserfläche wurden in dieser Art in 4 Stunden vermessen. Traf man aber auf eine Kiesbank, so wurde unmittelbar von dem kleinen Nachen aus die Bohrung ausgeführt. Das dazu dienende Werkzeug war wie ein gewöhnlicher Korkzieher gestaltet, und liefs sich durch zwei Mann leicht bis zum Felsen oder bis zu der Tiefe von 2 Fuß unter Binger-Loch herabdrehn.

Die so gefundenen Resultate wurden zunächst auf den angenommenen Normal-Wasserstand reducirt, und hierzu dienten einige in der Nähe aufgestellte Interims-Pegel, die mit den Hauptpegeln von Bingen und Bacharach längere Zeit hindurch verglichen waren. Sodann trug man die einzelnen Tiefen in die nach sehr großem Maafsstabe gezeichneten Charten des Fahrwassers ein. Aus letztern liefsen sich die Stellen, wo Sprengungen erfolgen mußten, entnehmen, und man konnte diese nach den Festpunkten leicht wieder auffinden.

Hiermit war indessen die Untersuchung des Grundes noch nicht abgeschlossen, vielmehr wurde dieselbe in der als Fahrwasser auszubildenden Rinne noch weiter fortgesetzt. Man benutzte hierzu ein rostförmiges Floss, das vor Anker gelegt und durch Schurbäume unwandelbar festgestellt wurde, nachdem es an die Stelle gebracht war, die von den Ufern aus durch ausgesteckte Signale bezeichnet war. Auf diesem Floss konnte man bequem in Abständen von 2 Fuß in der Längen- und Breiten-Richtung mittelst Peilstangen die Höhenlage gegen den dermaligen Wasserstand ermitteln, sich auch davon überzeugen, ob dazwischen andre noch höhere Kuppen sich befanden. Das einzelne Floss umfaßte aber nicht die ganze zu untersuchende Strecke, es mußte daher wieder verlegt werden und zwar in der Art, daß es mit Rücksicht auf jene Signale sich genau an seine frühere Lage anschloß. Die Ergebnisse dieser Messungen wurden in großem Maafsstabe aufgetragen,

und aus der Charte liefs sich alsdann leicht entnehmen, wo vorstehende Felsen zu beseitigen waren. Nach den scharf bezeichneten Signal-Punkten liefs sich aber jede Stelle im Strombett, die in Angriff genommen werden sollte, sicher wiederfinden. Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs in solcher Weise die Ausdehnung der nöthigen Sprengungs-Arbeiten sich viel sicherer erkennen liefs, als wenn nach der §. 13. erwähnten Methode nur mittelst einer horizontal aufgehängten Eisenstange die Erhebung der höchsten Felsgruppen gemessen wurde.

Das Bohren geschah Anfangs aus freier Hand. Die Bohrlöcher hatten nur die Weite von 2 Zoll, und es waren dabei vier Mann beschäftigt. Die Arbeit ging indessen sehr langsam von statuen, so dafs jeder laufende Zoll Bohrloch 14 Sgr. kostete und jeder Cubikfufs gesprengten Felsen 3 Thlr.

Im Jahr 1860 wurde zum Betriebe der Bohrer durch Dampf übergegangen, doch entsprachen die ersten Versuche keineswegs den Erwartungen, und man mufste vielfache Aenderungen an den Apparaten vornehmen, und zuletzt ganz neue Maschinen bauen. Im Juni 1863 wurde eine solche zuerst in Betrieb gesetzt. Bei derselben sind nur geringe Reparaturen vorgekommen. Sie hat sich vollständig bewährt und ist auch noch im Gebrauch. Eine specielle Beschreibung derselben hat der Baumspector Hipp bekannt gemacht *), hier mag ihre Einrichtung nur kurz angedeutet werden.

Zwei Fahrzeuge von 60 Fufs Länge und 8 Fufs Breite sind durch eine feste Rüstung in der Art mit einander verbunden, dafs darzwischen ein Raum von 14 Fufs Breite frei bleibt. Diese Fahrzeuge werden so vor Anker gelegt, dafs der anzubohrende Felsen auch zwischen ihnen befindet. Da sie aber nicht fest liegen, vielmehr in der heftigen Strömung und namentlich beim Vorbeifahren von Dampfschiffen stark schwanken, so werden sie noch unmittelbar gegen den Felsboden gestützt. Zwei starke Bäume, mit eisernen Spitzen versehen, werden durch eine kräftige und sichere Führung gehalten. An ihnen befinden sich Zahnstangen, und hierin greift jedesmal ein Getriebe ein, das durch ein Vorgelege mit Curbel gedacht wird. Hierdurch können beide Fahrzeuge etwas an-

*) Bohrmaschine zur Beseitigung der Felsen unter Wasser in Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen. 1867. S. 117.

gehoben werden, so daß sie auf den Stützen ruhn und dadurch einen festen Stand erhalten.

Ueber den freien Raum zwischen beiden Schiffen führt eine Eisenbahn, worauf ein vierrädriger eiserner Wagen steht, der durch zwei Zangen, die um die Schienen greifen, festgestellt wird, sobald der Bohrer sich lothrecht über dem Punkt befindet, der angegriffen werden soll. Der Wagen trägt einen 5 Fuß hohen eisernen Rahmen, der mit einer schwalbenschwanzförmigen Nuthe versehen ist, in welche der Bohrapparat eingreift, der also lothrecht gehoben und gesenkt werden kann. Derselbe ist mit einer gezahnten Stange versehen, welche in ein Getriebe paßt, das am Rahmen befestigt ist und mittelst eines Zwischengetriebes durch ein Spillrad bewegt wird. Beim Drehn des letztern hebt oder senkt sich der Bohr-Apparat, und zum Feststellen desselben dienen vier Einschnitte am Umfange des Spillrades, worin Sperrhaken eingreifen. Sobald das Rad von einem Einschnitt bis zum nächsten gedreht wird, so hebt oder senkt sich der Bohrer um einen halben Zoll.

Der Theil der Maschine, der auf die erwähnte Art gehoben und gesenkt werden kann, besteht aus einem kleinen Dampf-Cylinder von 12 Zoll lichter Höhe und $6\frac{1}{2}$ Zoll lichter Weite, woneben die Schieber - Steuerung sich befindet. Die Kolbenstange ist durch eine Stopfbüchse durch den untern Boden des Cylinders geführt und trägt noch über Wasser eine 9 Zoll hohe eiserne Muffe, in deren untere Fläche der Bohrer eingeschoben wird, so daß die Achse desselben mit der des Dampf-Cylinders zusammenfällt. Der Kolben mit der Kolbenstange, der Muffe und dem Bohrer wiegen 3 bis 4 Centner. Der Schieber wird nicht durch die Maschine, sondern vom Maschinisten mittelst eines Hebels gesteuert, der, nachdem er herabgedrückt ist, durch eine Feder sich von selbst erhebt. Der Dampf tritt unter den Kolben und hebt den Bohrer, während er gleichzeitig auch in eine abgeschlossene Haube oberhalb des Cylinders tritt. Das Ventil, das diese mit letzterem verbindet, wird beim Aufgange des Kolbens von demselben aufgestoßen, so daß nunmehr der hier angesammelte Dampf über den Kolben tritt. Gleichzeitig hat sich der Schieber verstellt, wodurch der Dampf unterhalb des Kolbens entweicht. Alsdann stürzt der Kolben zugleich mit dem Bohrer, theils durch sein eignes Gewicht und theils durch den Druck des von oben zuströmenden Dampfes herab. In der

Minute erfolgen etwa 120 Schläge, dabei ist aber noch die Einrichtung getroffen, daß bei jedem Schläge die Kolbenstange und mit ihr der Bohrer um 24 Grade gedreht wird, um dem Bohrloch die cylindrische Form zu geben. Der Dampf wird mittelst einer Charmertröhre zugeleitet, da der ganze Apparat mit der zunehmenden Tiefe des Bohrlochs gesenkt werden muß.

Die Bohrer sind 3 Zoll breit. In der Minute werden 2 bis 2½ Zoll gebohrt. Der Maschinist, der die Steuerung ausführt, greift, so oft der Bohrer nicht mehr scharf aufschlägt, in das oben erwähnte Spillrad, und dreht es um einen Quadranten, worauf der Bohrer ¼ Zoll tiefer schlägt. In 10 bis 15 Minuten hat sich in dieser Weise der Apparat um 25 bis 30 Zoll gesenkt. Da die Niveau-Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten Aufstellung aber nur 40 Zoll beträgt, so wird nunmehr der Apparat aufgehoben, und der bisher benutzte kürzere Bohrer, der inzwischen auch stumpf geschlagen ist, durch einen um 2 Fuß längern ersetzt. Die Auswechslung nimmt wieder 10 bis 15 Minuten in Anspruch, und diese Zwischenzeit genügt, daß der Maschinist neue Kräfte sammeln, und die Arbeit demnachst in gleicher Weise wieder fortsetzen kann. An einem Tage werden 8 bis 10 dreizöllige Bohrlöcher von 50 bis 70 Zoll Tiefe gebohrt. Der laufende Zoll kostet mit Rücksicht auf den Betrieb und die Unterhaltung der Maschine mit Einschluß aller Neben-Ausgaben nur 3 Silbergroschen.

Die Schüsse von 2 bis 5 Pfund Pulver werden in Blechbüchsen eingebracht. Die Zündschnüre aus der Fabrik von Guilmont und Veltin in Cöln zündeten sehr sicher in jeder Tiefe die gebohrt wurde, doch wurde jedesmal vor dem Anbreunen derselben der Apparat abgefahren, und von einem kleinen Nachen aus zündete man gleichzeitig mehrere Schnüre an, worauf man den Nachen herabtreiben ließ.

Die Bohrlöcher reichten im Allgemeinen etwa 2 Fuß unter die liegende Sohle herab, und ihre Entfernung von einander betrug 1 bis 4 m, oder man rechnete durchschnittlich auf 12 Quadratfuß Oberfläche einen Schuß. Dabei wurde jedesmal eine Masse von 25 bis 50 Cubikfuß Gestein gelöst, und wenn diese mittelst des Taucherschachtes, von dem im Folgenden die Rede sein wird, aufgewachtet, gehoben und fortgebracht war, so kostete der Cubikfuß mit Inbegriff des Bohrens und Sprengens nach der erwähnten

Mittheilung nicht mehr als 15 Silbergroschen. Bei größerer U stellte sich aber der Preis später noch viel geringer heraus. selbe betrug mit allen Nebenkosten

im Jahr 1867	18	Sgr.	2	Pf.	26 869	Cubikfuß,
1868	10	-	—	-	62 209	"
1869	8	-	3	-	63 847	"
1870	7	-	—	-	83 225	"

Die letzten Zahlen bezeichnen die in jedem Jahr gesprengten ausgehobenen Steinmassen, doch muß bemerkt werden, daß diese Berechnung auch diejenigen Kosten mit aufgenommen welche zwei oder eine Handbohrmaschine verursachten, woher Resultat noch günstiger ausgefallen wäre, wenn man allein Sprengungen mit der Dampfbohrmaschine berücksichtigt hätte. Benutzung derselben kostete im Jahre 1871 der laufende Zoll Bohrlochs nur 2 Sgr. 7 Pf.

Es mögen noch die Sprengungs-Arbeiten im Severn erwähnt werden, die wegen der eigenthümlichen, dabei zur Anwendung kommenden Methoden wichtig sind.

Im Jahr 1842 wurde beschlossen, den Severn in der 9 Meilen langen Strecke zwischen Stourport und Gloucester schiffbar zu machen. Die Tiefe betrug hier während der Sommermonate stellenweise nur 2 Fuß, und man wollte bei allen Umständen die Tiefe von 6 Fuß darstellen. Oberhalb Worcester dieses durch Anstauung des Wassers und durch Schleusen-Anlagen zum Theil auch durch Einschränkung des Stroms mittelst Pflöcken erreicht werden, in der mehr als 6 Meilen langen Strecke von Worcester bis Gloucester waren indessen, wenn man den Fluß auch einschränkte, noch ausgedehnte Vertiefungen um 3 bis 4 Fuß nothwendig. Soweit die Bänke aus Kies oder Granit-, Porphyry- und Sandstein-Geschieben bestanden, ließen sie sich durch Bagger beseitigen. Andre Bänke bestanden aber aus zusammenhängendem Mergelboden, zur Formation des rothen Sandsteins gehörig. Dies war überall der Fall, wo das Flußbett auf der einen oder andern Seite des Thals an den höhern Uferstrand trat. Gemäßer lag der Mergel in Schichten, die selten über 15 Zoll hoch waren und oft durch grauen Mergel, auch wohl durch sehr harten Sandstein getrennt wurden. Er war an vielen Stellen so hart, daß man freier Hand von einem Boote aus darin kein Bohrloch darstellen

Nichts desto weniger zerfiel er an der Luft in feine

Man ließ die Bagger-Maschine auf diesen Mergel-Bänken versuchsweise arbeiten, so zeigte sich, daß es unmöglich sei, mehr als $1\frac{1}{2}$ bis $5\frac{1}{2}$ Schachtrüthen täglich zu heben, und dabei war die Maschine in beständiger Unthätigkeit, und wurde auch vielfach beschädigt. Dieser Fortschritt der Arbeit war unvereinbar mit der nothwendigen Beschleunigung, wenn das Unternehmen zur festgesetzten Zeit beendigt werden sollte. Eben so erfolglos ergaben sich die Versuche, den Felsen durch eingetammte eiserne Pfähle, oder mit Benützung eines Stößes zu zerklüften, doch gelang dieses sehr befriedigend, wenn Sprengungen mit Schießpulver vorgenommen wurden. Man beschloß sich also zu diesem letzten Verfahren, worauf die Felsenstücke durch Baggen entfernt werden sollten. Im Januar 1841 waren die hierzu erforderlichen Einrichtungen getroffen, und gelang in der That täglich 15 bis 27 Schachtrüthen gelösten Mergels auszahen.

Die Wirkung des Sprengens wäre am größten gewesen, wenn man an der stromabwärts gekehrten Seite jeder Bank eine Reihe von Schlären angezündet und alsdann sogleich die abgebrochenen Stücke beseitigt hätte. Dieses ließ sich aber nicht thun, weil in dem Fall die Bagger-Maschine und die Spreng-Apparate wegen vielfachen Verlegens nicht in ununterbrochener Thätigkeit zu erhalten gewesen wären. Außerdem durfte auch die bestehende kleine Gefahr auf dem Severn nicht gehindert werden. Man mußte sich also zu solchem Verfahren wählen, welches die möglichste Beschleunigung der Arbeit erlaubte, und dieses bestand darin, daß die Sprengungen reihenweise nach der Länge des zu vertiefenden Canals, und zwar durch die ganze Ausdehnung jeder Felsbank in Abständen von 6 Fuß angebracht wurden.

Die Rüstung bestand in sechs Flößen, deren jedes aus vier Balken von 40 Fuß Länge zusammengesetzt war, wie Figur 233. Tafel XXVIII. zeigt. An jeder Seite eines Floßes lagen zwei Balken dicht neben einander, und die beiden innern ließen zwischen sich einen Raum von 4 Fuß Breite frei. In Abständen von 6 Fuß wurden Querschwellen übergenagelt und auf diesen lag der Rüstboden aus dreizölligen Bohlen bestand. Der mittlere Theil des Floßes blieb auf 12 Zoll Breite offen, so daß sich hier ein innerer

chend weiter Spalt bildete, worin die Arbeit bequem vorgenommen werden konnte.

Die Flösse waren an beiden Seiten mit starken Ringbolzen versehen, wodurch die an das eine Ufer befestigten Fangleinen gezogen waren, während in gewissen Abständen Bäume die Flösse in der passenden Entfernung vom Ufer hielten. An dem stromaufwärts gekehrten Ende des obersten Flosses lag ein großes Boot vor Anker, worin sich eine Feldschmiede zur Instandsetzung der Werkzeuge befand. Ein starker Schwimmbaum war weiter aufwärts am Ufer befestigt und lehnte sich schräg gegen dieses Boot, um die Flösse vor den stromabwärts kommenden Fahrzeugen zu schützen. Unterhalb des letzten Flosses lag ein andres Boot, welches als Pulvermagazin eingerichtet war.

Die Arbeit wurde mit dem Einstellen und Befestigen der gezogenen Röhren, in welchen gebohrt werden sollte, begonnen. Sie hielten gewöhnlich $3\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, und nur wenn man mehr als 3 Pfund Pulver für den einzelnen Schuss gebrauchte, benutzte man vierzöllige Röhren. Ihre Länge betrug 9 Fuß und ihre Wandstärke $2\frac{1}{4}$ Linien. Zwei Halsbänder von $\frac{1}{2}$ Quadratzoll Querschnitt waren auf die obern Enden geschoben, und hieran befestigte man eine Leine, wodurch sie bei der Explosion gehalten wurden. War die Wassertiefe aber größer, so konnte man die Röhre auch verlängern, indem ein Ansatzstück mit einer 6 Zoll langen Muffe darüber geschoben wurde.

Sobald eine Bohrröhre aufgestellt war, trieb man sie durch den Kies, der auf dem Mergel lag, einige Zoll tief in den letzten hinein. Gemeinbin war der Kies so hoch abgelagert, daß man ihn zuerst durch Baggern entfernen mußte. Um aber den dünnen Rand der Röhre vor Beschädigungen zu sichern, setzte man eine gußeiserne Hülse auf, und ließ auf diese die Handramme wirken. Demnächst wurde die Röhre von dem Sande und Kiese gereinigt, der beim Eintreiben hineingedrungen war. Zu diesem Zweck diente vorzugsweise der gewöhnliche Löffel, der im ersten Theile dieses Handbuches §. 11. beschrieben ist. Er bestand aus einer cylindrischen Röhre von 2 Fuß Länge, und solchem Durchmesser, daß er nur eben in die Blechröhre hineinpaßte. Unten war er mit einem nach oben aufschlagenden Ventil versehen, und oben an eine Eisenstange von einem halben Zoll Durchmesser geniethet.

Bei jedem Bohrer waren drei Mann beschäftigt. Die Bohrer hatten einfache Stahlschneiden von etwas convexer Form, und waren $1\frac{1}{4}$ Zoll breit, der Stiel, der gemeinhin 15 Fuß lang war, hielt $1\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser. Das Gewicht eines solchen Bohrers betrug 52 Pfund. Man arbeitete damit so lange, bis die fernere Bewegung durch den Bohrschlamm auffallend erschwert wurde. Alsdann setzte man einen gewöhnlichen Erdbohrer von 20 Zoll Länge in das Bohrloch, und zog damit die feine Steinmasse heraus.

Die Bohrlöcher reichten zwei Fuß unter die beabsichtigte Sohle des Fahrwassers herab. Diese grössere Tiefe war deshalb gewählt, weil jeder Schuss das Gestein in einem conischem Raume, und zwar, wie man meinte, von parabolöider Form zerbricht und etwas hebt, und sonach zwischen vier Bohrlöchern eine Pyramide übrig bleibt, auf welche das Pulver keine, oder doch nur eine geringe Wirkung ausübt. Diese Pyramiden ragten mit ihren Scheiteln noch etwas über die darzustellende Sohle vor, ließen sich aber leicht durch die Baggermaschine beseitigen. Ein zweiter Grund für diese grössere Tiefe war, daß man besorgte, der niedrige Sommer-Wasserstand möchte sich, nachdem die Untiefen entfernt wären, noch tiefer senken, und man wünschte, daß der Mergel alsdann schon hinreichend gebrochen wäre, um ihn erforderlichen Falls mit der Baggermaschine noch tiefer ausheben zu können.

Die Patronen bestanden aus cylindrischen Säcken von Segeltuch, und waren unten etwas zugespitzt. Sie wurden nach Maassgabe der Höhe des Mergels mit 2 bis 4 Pfund Pulver gefüllt, nämlich wenn die Bank 4 Fuß tief weggesprengt werden sollte, waren 2 Pfund und bei 5 Fuß 4 Pfund Pulver erforderlich. In die Mitte des Pulvers wurde alsdann das Ende eines Ringes von Bickford's Patent-Zündfaden gesteckt, der Rand des Sackes sorgfältig darüber gezogen und festgebunden. War die Patrone nur klein, so tauchte man sie in geschmolzenen Pech, der zum vierten Theil mit Talg versetzt war, sonst aber goß man dieselbe Mischung mit Löffeln darüber, bis sie den ganzen Sack gleichmässig überdeckte. War dieses geschehn, so hing man die Patrone zum Erkalten und Erhärten auf. Darauf wurde sie mit Talg eingerieben, und zuletzt mit feiner Kreide bestreut. Der Talg diente theils zum sichern Ausfüllen der feinen Risse im Pech, theils aber erleichterte er auch

das Eindringen der Patrone in das Bohrloch, die Kreide dagegen verhinderte das Ankleben des Pechs.

Die Patronen wurden mit hölzernen Ladestöcken von passender Dicke und unten abgerundet, vorsichtig in die Bohrlöcher geschoben. Dieselben Ladestöcke dienten auch zum Feststampfen des Besatzes. Das Material, welches sich am besten hierzu eignete, waren die kleinen Stückchen des harten Mergels, die sich durch die Einwirkung der Luft von den höhern Ufern zur Seite der Bänke gelöst hatten. Man schüttete sie in kleinen Quantitäten in die Bohrlöcher und stampfte sie an, bis die Bohrlöcher gefüllt waren.

Alsdann wurden die hölzernen Klammern gelöst, womit die Bohrröhren, die man nunmehr bis über den Mergel auszog, am Floss befestigt waren. Gemeinhin gab sich die Explosion durch keine auffallende Bewegung zu erkennen, nur die Röhren wurden einige Zoll hoch gehoben, doch sprangen sie zuweilen auch mehrere Fuss in die Höhe, und in einzelnen Fällen spritzte das in denselben befindliche Wasser 40 bis 50 Fuss hoch auf.

Alle Mannschaften fingen immer gleichzeitig das Bohren an und wurden auch gemeinhin gleichzeitig damit fertig, so daß alle Schüsse auf einmal angezündet werden konnten. Auf diese Art wurden Unterbrechungen der Arbeit möglichst vermieden. Sehr selten geschah es, daß Schüsse versagten. Die Veranlassung dazu lag alsdann gemeinhin darin, daß die Verbindung zwischen der Patrone und dem Zündfaden undicht geworden war. War das Wasser nicht tief eingedrungen, so konnte man häufig durch das folgende eigenthümliche Mittel den Schuß noch entzünden. Man hielt nämlich eine Eisenstange von $\frac{1}{8}$ Zoll Stärke und angemessener Länge, die an einem Ende etwas zugespitzt war, in Bereitschaft und sobald ein Schuß versagte, während der Zündfaden verbrannt war, so wurde diese Stange am Ende rothglühend gemacht, schnell durch das Wasser auf den Besatz gestossen und mit einem starken Schlag hindurchgetrieben. Beim Eindringen in das Pulver war sie noch so heiß, daß sie dieses entzündete. Unter zehn Fällen gelang es wohl neunmal, auf diese Weise noch den Schuß zur Explosion zu bringen.

Da die eigentliche Wirkung des Schießens sich nicht unmittelbar zu erkennen gab, so wurde der Grund neben dem Bohr-

loche mit einem meisselförmig zugeschärften und gut verstärkten Visitir-Eisen untersucht, und besonders geprüft, ob die Wirkung bis zu der erforderlichen Tiefe eingetreten ist.

Damit die Arbeiter sich nicht gegenseitig behinderten, wurde zuerst ein Loch um das andre gebohrt und alsdann wurden die zwischenliegenden nachgeholt. Sobald aber alle Schüsse einer Reihe geglückt waren, so schob man die sämtlichen Flösse 6 Fuss weiter in den Strom hinein, stellte hier wieder die Reihe von Bohrlöchern dar, und so fort, bis zum gegenüberliegenden Rande des Fahrwassers. Alsdann liess man die ganze Rüstung um die Länge der Flösse stromab treiben und begann hier aufs Neue die Arbeit. Sobald die Leute eingeübt waren, bohrte jede Mannschaft bis vier Löcher an einem Tage und man konnte mit funfzehn Mannschaften täglich bis sechzig Schüsse abfeuern.

Der Ingenieur George Edwards, der diese Arbeiten ausführte und in dem Institute of civil engineers darüber Vortrag hielt,*) besorgt, man werde vielleicht die Anwendung der Patent-Zündfäden tadeln und meinen, dass die gleichzeitige Entzündung einer grossen Anzahl Schüsse mittelst der galvanischen Batterie einen grössern Effect, und sonach mindere Kosten verursacht haben würde. Er sagt, dass er nicht dieser Ansicht sei. Wenn man in einem Steinbruche einen grossen Block, ohne ihn zu zerbrechen, vom Lager lösen wolle, so sei die gleichzeitige Explosion vieler Schüsse überaus wirksam, im vorliegenden Falle sei es aber im Gegentheil Bedingung gewesen, die Masse in recht viele Stücke zu zerbrechen, und dies werde, wie er glaube, vollständiger durch aufeinanderfolgende Explosionen, als durch gleichzeitige erreicht. Er fügt hinzu, dass auch in Bezug auf die Kosten der Patent - Zündfaden vor der galvanischen Batterie den Vorzug verdiene.

Ueber 4000 Schüsse waren bereits erfolgt und in den nächsten Monaten sollten noch 6000 folgen.

Die Kosten des einzelnen Schusses betrugen:

*) Civil engineer and architects journal 1846. Vol. IX. pag. 369.

Einrichtung und Unterhaltung des Apparates	10 Sgr.	— Pf
Arbeitslohn durchschnittlich	32 „	1 „
Die leinene Patrone	2 „	6 „
3 Pfund Pulver zu 5½ Pence	12 „	5 „
15 Fuss Zündfaden	7 „	6 „
Pech, Talg, Schnur, Kohlen u. dgl.	3 „	6 „

also im Ganzen 2 Thlr. 8 Sgr. — Pf

Durchschnittlich wurden dabei 4 Cubik-Yard oder 99 Cubikfuss Rheinländisch gelöst, woher jeder Cubikfuss nahe 8 Pfennige kostete.

Bickford's Patent-Zündfaden besteht in einem sehr feinen cylindrisch gewebten und mit Pech überzogenen Schlauch aus Hanf. Derselbe ist so dünn, daß das darin enthaltene Pulver nur einen feinen Faden bildet, und sonach nicht sowohl explodirt, als vielmehr nur nach und nach abbrennt. Pasley erwähnt, dass beim Sprengen in der Tiefe von 8 Faden (48 Fuss) unter Wasser nahe eine halbe Stunde vergeht, bevor der Schuss entzündet wird. Wenn dieser Umstand auch insofern sehr günstig erscheint, als der Arbeiter, der den Zündfaden anbrennt, sich mit voller Sicherheit jedesmal hinreichend weit entfernen kann, bevor die Explosion eintritt, so kann andererseits eben wegen dieses langen Aufenthaltes, namentlich bei lebhaftem Schiffsverkehr, hierdurch Gefahr herbeigeführt werden. Dazu kommt noch, daß man das Aufsteigen der Luftbläschen nur Anfangs deutlich wahrnimmt, dieses aber beinahe ganz aufhört, wenigstens aus der Ferne nicht mehr gesehen werden kann, sobald der Faden schon weit abgebrannt ist. Wenn sonach das Feuer zufällig erlöscht, so bemerkt man dieses nicht, und man muß wegen der Möglichkeit einer spätern Explosion noch lange Zeit hindurch jede Annäherung vermeiden. Beim Feststampfen des Besatzes in dem Bohrloche wird die Beschädigung des Zündfadens dadurch verhindert, daß er eine compacte Masse von hinreichender Widerstandsfähigkeit bildet, zugleich aber auch so weich ist, daß die scharfen Kanten der Steinstücke wohl Eindrücke darin hervorbringen, jedoch ihn weder zerreißen noch seine Oberfläche durchlöchern können.*)

*) Civil engineer and architects journal. Vol. I. Seite 258.

Bei den am Rhein benutzten Zündfäden aus der Fabrik von J. A. Veltin in Cöln hält die innere Hölzung, worin der Stoff sich befindet, 1 Linie im Durchmesser. Die sie umgebende Wand besteht aus zehn starken Hanffäden, die, ohne sich zu berühren, spiralförmig gelegt und durch eine pechartige Masse verbunden sind. Eine Guttapercha-Decke von $\frac{1}{4}$ Linie Dicke umgibt das Ganze. Der Faden ist $2\frac{1}{4}$ Linien stark. Wird derselbe entzündet, so dringt der Feuerstrahl Anfangs durch die Endfläche, später durch Oeffnungen, die sich seitwärts bilden, mit solcher Gewalt heraus, daß er den Zutritt des Wassers verhindert.

Im Allgemeinen ist über die Wirkung der Explosionen bei Felsensprengen noch zu erwähnen, daß gemeinhin durch einen einzelnen Schuß aus dem Gestein ein kegelförmiges Stück abgebrochen und zugleich vielfach zerrissen wird. Die Höhe des Kegels ist dem Abstände des Schusses von der Oberfläche proportional und seine Basis hat ungefähr jene Höhe zum Radius. Es kann indessen geschehn, daß der Schuß einer Seitenfläche des Felsens näher liegt, als der obern Fläche. Alsdann erfolgt die Explosion mehr nach dieser Seite, denn die Wirkung äußert sich hauptsächlich in derjenigen Richtung, wo der Abstand des Schusses von der äußern Fläche am kleinsten ist. Die erforderliche Pulvermenge ist ohne Zweifel von diesem Abstände abhängig, es fragt sich aber, ob sie der zweiten oder dritten Potenz desselben proportional sei. Kame nur die Trennung des kegelförmigen Körpers von der übrigen Masse in Betracht, so würde die nöthige Kraft der zweiten Potenz entsprechen; dagegen läßt die vollständige Zerkümmernng des gelösten Kegels und dessen Hebung oder Bewegung eine Kraft schließen, die der dritten Potenz dieses Abstandes proportional ist. Die Beobachtungen, die Bald in einem Steinbruch in Irland anstellte, *) ergaben in der That, daß die Pulvermenge der dritten Potenz der Entfernung des Schusses von der obern Oberfläche des Steins proportional angenommen werden kann, wenn man des Erfolges gewiß sein und dennoch mit der geringsten Pulvermenge die Sprengung ausführen will. Es erklärt sich daraus eine Thatsache, die man mehrmals bestätigt gefunden hat, nämlich bei tiefern oder minder tiefen Bohrlöchern der

*) Civil engineer and architect's journal. Vol. III. Seite 165.

ganze Bedarf an Pulver derselbe bleibt, und der gelösten Steinmasse proportional ist. Zum Sprengen einer gewissen Masse ist daher dieselbe Quantität Pulver erforderlich, mag man die Schüsse sogleich bis zur vollen Tiefe einsetzen oder zuerst die obre und dann die untre Hälfte des zu lösenden Gesteins absprengen. Für jeden einzelnen Schuß braucht man aber im ersten Falle achtmal so viel Pulver als im letzten.

Hiernach entsteht die Frage, ob es in sonstiger Beziehung vortheilhafter ist, bei dem Sprengen einer hohen Felsbank nach und nach dünne Lagen zu lösen, oder dieselbe auf einmal in der ganzen erforderlichen Tiefe anzugreifen. Im ersten Fall muß man mehr Bohrlöcher darstellen, im zweiten müssen sie einen grössern Durchmesser erhalten. Das Letzte dürfte namentlich bei Arbeiten unter Wasser leichter sein, da alle Vorbereitungen zum Bohren, so wie das Einbringen des Schusses und Besatzes für weitere und engere Bohrlöcher gleich mühsam sind, und mit gleicher Sorgfalt ausgeführt werden müssen. Dazu kommt aber noch, daß die Höhe jenes abbrechenden Kegels keineswegs der Tiefe des Bohrlochs, sondern nur dem Abstände der oberen Basis der Pulverbüchse von der Oberfläche der Felsbank gleich ist. Jedes einzelne Bohrloch muß sonach, mag es mehr oder minder tief ausgeführt werden, außer jenem Verhältniss noch um die Höhe der Pulverbüchse verlängert werden. Hieraus ergibt sich, daß man Sprengungs-Arbeiten unter Wasser am leichtesten und wohlfeilsten ausführt, wenn man die Felsbank mit einem Mal in der ganzen erforderlichen Tiefe angreift.

Nach den wenigen bekannt gewordenen Erfahrungen über die erforderlichen Pulvermengen wird man, wenn Arbeiten dieser Art vorgenommen werden sollen, nicht erwarten dürfen, für jede Art des zu sprengenden Gesteins sogleich das richtige Maass zu treffen, und man muß daher beim Beginn ausgedehnter Sprengungen den Bedarf an Pulver durch besondere Versuche feststellen. Dabei ist nicht unbeachtet zu lassen, daß auffallende Neben-Effecte, wie besonders starkes Aufspritzen des Wassers, weites Umherschleudern der gelösten Steinmassen u. dergl. den Beweis liefern, daß die Pulvermenge für die Tiefe des Bohrlochs zu groß gewählt ist.

Der Besatz wird bei den meisten Sprengungs-Arbeiten, sowohl über als unter Wasser aus Thon gebildet, der gemeinhin mit

der Ziegelstückchen versetzt ist, oder er besteht auch wohl aus kleinen und scharfen Stücken eines weichen Gesteins. Man steckte diese Körper mit einem Ladestock in das Bohrloch ein, so daß sie nicht sogleich herausfliegen, sondern durch die Reibung festgehalten werden. Dieses Feststampfen ist aber mühsam und theils gefährlich, namentlich kann der Zündfaden, wenn er schon früher eingesetzt ist, leicht beschädigt werden. Man hat vielfach versucht, einen solchen festen Besatz durch eine Mischung von trockenem Sande zu ersetzen, und es leidet kein Zweifel, daß dieselbe bei Arbeiten über Wasser brauchbar ist. Auch allerdings auch größere Pulvermengen hierbei erforderlich sind. Bei der Schiffbarmachung des Jumna, eines Nebenflusses des Ganges, wurde Behufs der Beschleunigung der Arbeit die Mischung auch bei Sprengungen unter Wasser angewendet. Man sann nämlich nur darauf an, die kurze Dauer des niedrigen Wasserstandes möglichst vorthellhaft zu benutzen, und alle Arbeiten zu vermeiden, die besondere Geschicklichkeit oder Übung und Mühe erfordern. Arbeiter zum Bohren waren reichlich vorhanden, wobei die etwas größere Weite und Tiefe jedes Bohrlochs in Betracht kam, auch der Mehrbedarf an Pulver durfte nicht in Betracht werden. Unter diesen Umständen entschloß man sich zur Wahl des Sandbesatzes, und zwar enthielt die Patrone selbst, zum dritten Theil mit Pulver angefüllt war, schon den feinen feinsandigen Sand. Sie war 2½ Fuß lang, 2 Zoll dick und dadurch leicht gemacht, daß man sie reichlich mit Fett eingerieben hatte. Diese Vorsicht genügte auch, da jedesmal unmittelbar nach dem Einsetzen der Patrone der Zündfaden angebrannt wurde und sich keine starke Benetzung eintreten konnte. Es dürfte indessen zweifelhaft erscheinen, ob der Sandbesatz wirklich den nöthigen Widerstand leistete, und diese Besorgniß bestätigte sich auch, daß man auch in Delhi in demselben Gestein bedeutende Sprengungen vorgenommen hatte, die jedoch im Trocknen ausgeführt wurden, und wobei man den gewöhnlichen Lehmbesatz ansetzte. Eine Vergleichung beider Arbeiten ergab, daß der Besatz aus Sand durchschnittlich dreimal so viel Pulver erforderte, als der letzte *)

*) Civil engineer and architects journal. Vol. I. Seite 292.

Schliesslich erwähne ich noch, daß das Volum des Gases, welches sich beim Entzünden des Pulvers entwickelt, nachdem es abgekühlt ist, 244mal, und in der ursprünglichen Temperatur sogar 1000mal so groß ist, als das des Pulvers. Wenn man also annehmen dürfte, daß der Pfropf oder der Besatz während der ganzen Dauer der Explosion nicht nachgäbe (was indessen wohl niemals geschieht), so würden die Seitenwände des Pulverraums einen Druck von tausend Atmosphären erleiden.

Die Entzündung der Schüsse unter Wasser geschah früher in England gewöhnlich in der Weise, daß man auf die Blechbüchse, die den Schuß enthielt, eine Zündröhre löthete, die bis über Wasser reichte, aber weder mit losem Pulver gefüllt war, noch auch einen Zündfaden enthielt, sondern leer blieb. Durch diese Röhre ließ man ein Stückchen glühendes Eisen auf das Pulver herabfallen, wodurch sogleich die Explosion bewirkt wurde. Diese Methode war besonders bei Anwendung der Taucherglocke sehr bequem. Das Bohren in dem Felsen, sowie das Einsetzen des Schusses und das Aufbringen des Besatzes erfolgte alsdann in gleicher Weise und fast ebenso leicht, als an freier Luft. Die Zündröhre, aus Weißblech bestehend, ragte aus dem Bohrloche heraus und ihre Mündung stand frei in der Taucherglocke. Während die Taucherglocke gehoben wurde, schrob man ein Ansatzstück an die Röhre, und dieses wiederholte sich so oft, bis endlich die Röhre über die Oberfläche des Wassers trat. Nachdem die Glocke beseitigt war, fuhr man mit einem Boote an die Mündung der Röhre, befestigte eine schwache Leine daran, um sie bei andern Schüssen wieder benutzen zu können, und warf das glühende Eisenstückchen hinein. Die Explosion war über dem Wasser, wenn dessen Tiefe 12 Fuß oder mehr betrug, kaum zu bemerken. Die Röhre brach aber jedesmal dicht über dem Bohrloch ab, und wurde etwas gehoben, ohne jedoch im übrigen Theile ihrer Länge beschädigt zu werden. Man konnte daher alle Ansatzstücke und selbst das untere Schraubengewinde bei fernern Sprengungs-Arbeiten wieder benutzen.

In neuerer Zeit hat man auch bei Felsen-Sprengungen unter Wasser die Schüsse mehrfach durch galvanische Batterien entzündet. Der electriche Strom wird nämlich durch die Pulvermasse in der Patrone hindurchgeführt, hier aber ersetzt ein feiner Platin- oder Stahldraht den umsponnenen Kupferdraht. Indem er beim Durch-

gange des Stroms erglüht, so entzündet er das ihn berührende Pulver. Die nähere Beschreibung der dabei zu treffenden Anordnungen würde zu weit führen,*) hier mag aber nur die Frage erörtert werden, ob diese Methode oder die Benutzung von Zündfäden vorzuziehen sei.

Jedenfalls wird durch den galvanischen Strom Gelegenheit geboten, mehrere und sogar eine ganze Reihe von Schüssen gleichzeitig zur Explosion zu bringen und dadurch Effecte zu erzielen, die ohne Zweifel in gewisser Beziehung größer sind, als wenn die Schüsse einzeln abgebrannt würden. Man darf zu diesem Zweck nur die Drähte, welche in die einzelnen Patronen geführt sind, mit einander verbinden, so daß der electriche Strom sie sämmtlich durchläuft. Ob indessen hierdurch eine vollständige Zerklüftung des Gesteins erreicht wird, worauf es im vorliegenden Fall allein ankommt, ist, soviel bekannt, bisher durch die Erfahrung noch nicht erwiesen, und die oben mitgetheilte Ansicht des Ingenieur Edwards, daß bei der gleichzeitigen Explosion sich größere Blöcke lösen, erscheint nicht unbegründet. Dagegen kann bei Anwendung galvanischer Batterien die Leitung so weit geführt werden, daß die Explosion aus sehr großer Entfernung veranlaßt werden kann, was jedoch nicht von erheblichem Nutzen ist.

In manchen Fällen und namentlich, wo starker Fluthwechsel stattfindet und periodisch heftige Strömungen eintreten, läßt sich das Bohren der Löcher zur Aufnahme der Schüsse nicht ausführen, und alsdann bleibt nur übrig, die Pulver-Gefäße flach auf den zu beseitigenden Stein zu legen und sie hier explodiren zu lassen. Die Wirkung ist dabei wesentlich geringer, als wenn die ganze Kraft rings umher gegen den Stein gerichtet wäre, aber dennoch zeigt sie sich noch recht bedeutend, wenn ein hoher Wasserstand das Pulver überdeckt, woher auch Versuche dieser Art sich erfolgreich erwiesen haben.

Bei Hell-Gate, in der Stromenge, welche den östlichen Ausfluss des Hudson mit dem Sunde von Long-Island ohnfern New-York verbindet, lag ein Fels, der Pot-Rock genannt, der sehr steil aus

*) In zwei Aufsätzen im ersten Bande des Notizblattes des Hannoverschen Architecten- und Ingenieur-Vereins 1851—1852 Seite 38 und 163 ist dieser Gegenstand ausführlich behandelt.

dem Grunde aufstieg, und nach Ablauf der Ebbe nur 8 Fufs W über sich hatte. Seine Oberfläche beschränkte sich auf 6 Qu fufs, während ringsumher die Tiefe 14 Fufs und in geringer fernerung sogar 20 Fufs betrug. Der Felsen bestand aus festem C Derselbe wurde in der angegebenen Art vollständig beseitigt dabei etwa 30000 Cubikfufs Steine gesprengt. Flache Gefäß Weisblech, die 125 Pfund Pulver enthielten, versenkte man niedrigem Wasser auf den Felsen, und wenn durch den electr Strom ihre Explosion erfolgte, so brachen durchschnittlich je 180 Cubikfufs Steine ab. *)

In gleicher Weise wurde 1859 und in den folgenden J auch die Mergelbank beseitigt, die bisher den Eingang zum Fécamp beinahe vollständig gesperrt hatte, und sich bis auf unter Niedrig-Wasser erhob. Der Versuch, sie anzubohren Patronen in die Bohrlöcher zu stellen, mußte aufgegeben werden, da die Zeit des Niedrig-Wassers zu kurz war und bei hohem Wasser die Schifffahrt nicht behindert werden durfte. Man nahm also wieder das angegebene Verfahren und fand, daß der Effekt am vortheilhaftesten herausstellte, wenn man 100 Pfund explosiren ließ. Der Behälter, worin diese sich befanden, bei niedrigem Wasser auf die Bank, und zwar ohnfern des gegenübergekehrten Randes derselben versenkt, und die Leitungs-Drähte dem nächsten Ufer geführt. Nunmehr wartete man aber den Eintritt des Hochwassers ab, weil die Wirkung immer um so größer war, je höher das Wasser darüber stand, dennoch flogen die großen Stücke bis 100 Fufs weit umher. Durchschnittlich löste jedes Pulver 5 Cubikfufs Gestein. Dabei muß bemerkt werden, daß Mergel, wenn er auch an der Luft zerfällt, doch unter Wasser zusammenhängende recht harte Steinmassen bildet. Die kleinsten Stücke wurden vom Strom fortgeführt, die größern hielten an Steinsangen, auch wohl an Ketten, welche von Tauchern geschnitten wurden. **)

Die früher § 111 angegebenen Methoden zum Beseitigen gesenkter Schiffe erwiesen sich immer als erfolglos, und zwar, wenn die Schiffe sehr groß, wenn sie in tiefem Was-

*) Ponce's *Magasin de Mécanique* 1854 November Seite 132.

**) *Annales des mines et carrières* 1862 I pag. 5.

und stark versandet sind. Es bleibt alsdann nur übrig, die den Grund vortretenden Theile durch Sprengen zu lösen. Das interessanteste Beispiel einer solchen Räumung des Ankergrundes ist die Sprengung des Linienschiffes Royal George von 90 Kanonen, das 1782 auf der Rheede von Portsmouth oder auf Spithead gesunken war. Nachdem die Masten abgebrochen waren, lag es so tief, daß selbst die größten Schiffe es nie berühren konnten, aber es faßte dennoch die Ketten der in Nähe ausgelegten Anker, und in dieser Beziehung war das Wrack höchst nützlich. Der Versuch, es durch ein andres Schiff zu heben, mißglückte vollständig. Durch Taucher waren an das Wrack Ketten angeschlagen, die bei Niedrig-Wasser an dem stehenden Schiffe sicher befestigt wurden. Der Widerstand war so groß, daß das letztere diesen nicht überwinden konnte. Es sankte daher bei steigender Fluth immer tiefer ein und versank schließlich, nachdem es Wasser geschöpft hatte.

Bei der großen Wichtigkeit dieser Rheede vor dem Haupthafen Englands wurden 1834 die Versuche zur Fortschaffung der Wracke wieder begonnen, und zwar einige Jahre hindurch mit Benutzung der inzwischen sehr verbesserten Tauchermittel. Die Arbeiten bezogen sich darauf, daß einzelne Theile des Schiffes gelöst und alsdann gehoben werden sollten, die Erfolge waren indessen so geringfügig, daß man 1839 ein andres Verfahren, nämlich Sprengung durch Pulver wählte. Die Leitung dieser Arbeiten wurde dem Oberst Pasley übertragen, der auf solche Art die einige vor der Mündung der Themse gesunkene Fahrzeuge vollständig beseitigt hatte.

Die Wracke lagen 84 Fuß unter Niedrig-Wasser. Die ersten Versuche mit 45 und darauf mit 180 Pfund Pulver hatten wenig Erfolg. Darauf wurde ein Blech-Cylinder, der 2326 Pfund Pulver im Innern des Schiffes herablassen. Zu diesem Zweck ließ man einen Taucher in die Schiffswand einen Bolzen einschrauben, woran einen Block mit eingeschobnem Tau befestigt. An demselben zog man den Cylinder herab. Als man diese Masse mit der galvanischen Batterie von dem 500 Fuß entfernten Ufer aus entzündete, erzitterten zunächst die in der Nähe liegenden Schiffe wie bei einem starken Erdbeben, aber erst 3 bis 4 Sekunden später erhob sich das Wasser in compacte Masse in

der Form eines Doms, das 30 Fufs anstieg, und bei seinem Aufbrechen der Rauchwolke den Ausgang öffnete. Der Erfolg war sehr günstig, die Verbindung des Schiffes war wesentlich gelockert und eine Masse Holz konnte leicht gelöst und gehoben werden.

Bei der nächsten 1840 ausgeführten Sprengung liefs man 2116 Pfund Pulver am Hintersteven, und zwar ausserhalb des Schiffes, explodiren. Die Wirkung war zwar geringer, doch lösten sich die sämmtlichen Hölzer in der Nähe, die man nunmehr leicht heben konnte. In demselben Jahr wurden darauf innerhalb des Vordertheils des Schiffes noch 2250 Pfund Pulver entzündet. Die Wirkung war dabei noch stärker als früher, und das Wasser hob sich 80 bis 100 Fufs hoch. Das Wrack war aber vollständig zerbrochen, wenn auch zu demselben Zweck noch mehrere Jahre hindurch kleinere Sprengungen behufs Beseitigung einzelner Theile erforderlich waren. Erst 1844 war der Grund vollständig gereinigt.

§. 54.

Der Taucherhelm.

Der Mensch ist unfähig, die im Wasser befindliche Luft aufzusaugen, wie die Fische dieses mittelst der Kiemen thun, er kann daher, wenn er sich nicht mit den Apparaten versieht, von denen im Folgenden die Rede sein wird, gemeinhin nur einige Secunden ohne Gefahr unter Wasser bleiben. Der geübte Taucher, der vorher die Lungen reichlich mit Luft gefüllt hat und diese möglichst vorsichtig verwendet, verlängert die Zeit des Tauchens bis auf eine und in seltenen Fällen bis auf zwei Minuten. Die Ansammlung einer bedeutenden Quantität Luft in der Lunge wird aber dadurch erschwert, dafs der Druck des Wassers schon in mässiger Tiefe den Körper stark zusammenpresst, und deshalb eine grofse Anstrengung der Brustmuskeln erforderlich wird, um die Luft zurückzuhalten. Das häufige Tauchen bis zu grofser Tiefe ist aber immer für die Gesundheit nachtheilig. Dieses giebt sich besonders beim Perlen-Fischen zu erkennen, indem die dabei beschäftigten Taucher bald zu erkranken pflegen und frühzeitig sterben. Dieselben bleiben jedesmal einige Minuten unter Wasser, und um die Dauer der

tauchung möglichst abzukürzen, binden sie einen 20 bis 30 Pfund schweren Stein an die Füße, wodurch die Tiefe, die gemeinhin 10 Faden beträgt, um so schneller erreicht wird. Sie versehen sich auch noch mit einer Art von äufserm Luftmagazin, indem sie mit Oel getränkten Schwamm an den Arm binden und diesen an den Mund halten, um die darin enthaltene Luft einzuziehen. Sobald sie aber den Mangel an frischer Luft nicht länger aushalten können, so lösen sie den Stein von ihren Füßen und zerschneiden die Leine, welche ihnen um den Leib gebunden ist, worauf sie aufgezogen werden.

Nach Halley's Beobachtungen bedarf der Mensch in der Minute ungefähr 1 Gallon Luft, d. h. in nahe 7 Minuten 1 Cubikfuß. Wenn die ausgeathmete Luft wieder in denselben Raum zurückgeführt wird, so kann man nur so lange noch nothdürftig darin aushalten, als die Luft zur Hälfte rein ist. Hiernach genügt ein Luftmagazin von 1 Cubikfuß Inhalt nur für etwa 3 Minuten. Andre Beobachtungen haben ergeben, daß in einer Glocke von 35 Cubikfuß Inhalt nur während einer Stunde ohne besondere Beschwerde eine Person aushalten kann, wenn die Luft darin nicht erneuert wird.

Die Taucher-Apparate bestehn theils in großen Gefäßen (Taucher-Glocken oder Taucher-Schachte), welche anstehend mit frischer Luft gefüllt werden, und worin der Mensch bis zu beliebiger Tiefe herabgelassen wird, theils aber in Vorrichtungen, in dem Taucher die erforderliche Luft zuzuführen. Im letzten Fall, wovon hier zunächst die Rede sein soll, bildet die Umschließung des Kopfes, also der Taucherhelm, den Haupttheil, wenn derselbe auch gemeinhin mit einem wasserdichten Anzuge verbunden ist, der den ganzen Körper umgiebt.

Mehrere Taucher-Apparate beschreibt Leupold,*) und er theilt zugleich eine Kupfertafel aus einer 1511 in Erfurt erschienenen Uebersetzung des Flavius Renatus Vegetius mit, worauf ein Mann in einer Kleidung dargestellt wird, die ihn ganz umgiebt und über dem Kopfe in einen Schlauch ausläuft, dessen Mündung mittelst einer angebundenen Blase über Wasser gehalten wird. Leupold erwähnt ferner, daß 1715 ein gewisser Becker mittelst eines Appa-

*) Theatrum pontificiale. Leipzig 1726.

rates, der dem später zu beschreibenden Klingert'schen ähnlich ist, in die Themse bei London tauchte und eine Stunde unter Wasser blieb. Zwei Jahre später soll derselbe Apparat auch in Hannover versucht sein. Lorini beschreibt einen Apparat, der gleichfalls mit Luftröhren versehen war, wobei der Taucher, auf einem Stuhle sitzend, herabgelassen wurde.

Borelli's*) Erfindung, den Taucher mit einer zu comprimirenden Luftblase und mit Schwimmfüßen zu versehen, ist wohl zu abentheuerlich, als daß die Beschreibung hier wiederholt werden dürfte. Rove's Taucherkasten soll dagegen im Jahre 1753 wirklich ausgeführt sein. Derselbe bestand in einer großen, etwas gekrümmten Röhre aus Kupferblech, die so lang und weit war, daß ein Mensch darin liegen konnte. Auf der untern Seite waren zwei Aermel von Leder befestigt, in welche der Taucher die Arme steckte und so nach auferhalb des Kastens Gegenstände fassen konnte, während eingesetzte Glasscheiben ihn die nächsten Umgebungen erkennen ließen. Die in der Röhre befindliche Luft genügte, um während einer halben Stunde das Athmen zu gestatten.

Wichtiger ist der Klingertsche Taucher-Apparat. Der Erfinder sägte 1797 zum Beweise der Brauchbarkeit desselben am Bette der Oder bei Breslau einen starken Stamm durch und stellte manche andre Proben damit an. Der Apparat ist später vielfach angewendet und verdient näher beschrieben zu werden. Fig. 234 Taf. XXIX. stellt ihn dar. Er besteht in einem starken Cylinder aus Kupferblech, der oben durch ein Kugelsegment geschlossen ist. Dieses Stück bedeckt den Kopf des Tauchers und ruht mit einem breiten Rande auf dessen Schultern. Ein zweiter ähnlicher Cylinder, der den Körper des Tauchers zwischen den Armen und den Hüften bedeckt, hat denselben Durchmesser. Beide sind durch einen eben so weiten wasserdichten Schlauch aus Leder verbunden, der mit Aermeln versehen ist. Letztere werden mittelst breiter Riemen neben den Handgelenken fest auf die Arme gebunden und dadurch wasserdicht geschlossen. Dieser Schlauch wird sowohl oben als unten über die kupfernen Cylinder gestreift, an Knöpfen befestigt und mittelst eiserner Zugbänder, die mit Schrauben versehen sind, wasser-

*) In der *Edinburgh Encyclopaedia* Vol. VIII. findet man unter *Diving* und *Diving Bell* verschiedene Mittheilungen, die hier kurz angedeutet sind.

aufgepresst. Den Untertheil des Körpers bedeckt eine lederne Hülle, die wieder über den untern Cylindrer gestreift und an den Seiten mit Knöpfen und einem Zugbände, so wie auch an die Seiten des Tauchers mit Riemen befestigt wird.

Am Ab- und Zuführen der Luft dienen zwei Lederschläuche von 1½ Zoll Durchmesser, die durch spiralförmig gewundene Eisenröhren gehalten werden. Der eine mündet unmittelbar in den Helm, dieser führt die frische Luft zu. Der andre ist mit einem Mundstück aus Elfenbein versehen und der Taucher muß hier die abzuathmende Luft hineinblasen. Beide reichen bis über die Oberfläche des Wassers und werden durch anzuschraubende Ansatzstücke, jedesmal, so weit es erforderlich ist, verlängert. Ausserdem führen die Röhren durch je eine am Gürtel befestigte kleine Büchse, wie die Figur zeigt, und diese dienen zur Aufnahme des verdrängten oder durchsickernden Wassers.

Für die Augen des Tauchers sind zwei starke Glasscheiben eingesetzt, auch ist in der Kopfbedeckung ein Ventil angebracht, welches nach außen öffnet. Dieses schlägt der Taucher auf, sobald er wieder an die Oberfläche kommt, um ganz unabhängig von der Leitungsröhre den freien Zutritt der frischen Luft darzustellen. Am unteren Cylindrer, und zwar in einer kleinen Vertiefung desselben, befindet sich eine leichte Druckpumpe, mittelst deren der Taucher das Wasser entfernt, welches etwa in den Cylindrer eingedrungen ist.

Der Helm ist so geräumig, daß der Taucher schwimmend stehen kann. Sobald derselbe daher herabgehn will, muß er sich noch mit andern Gewichten belasten. Zu diesem Zweck ist der untere Theil des Helms mit einer Reihe von Haken umgeben, auf welche so viele Gewichte gehängt werden, daß der Taucher mit dem Druck von 10 Pfunden herabsinkt. Er wird dadurch in den Stand gesetzt, auf dem schlammigen Boden zu gehn, indem er beinahe vollständig durch den hydrostatischen Druck getragen wird. Wenn irgendwilliger Weise der Apparat in Unordnung gerathen und für den Taucher irgend eine Gefahr entstehen sollte, so darf derselbe die abgehängten Gewichte abwerfen, worauf er sogleich aufsteigt, und wenn er alsdann das Ventil öffnet, so tritt nicht die frische Luft ein, sondern er kann auch zu den andern Athemern sprechen.

In diesem Apparat wird die Spannung der Luft nie größer, als an der Oberfläche des Meers, die Unannehmlichkeit des starken Luftdrucks wird also umgangen, dafür muß aber auch der Druck des Wassers vom Körper abgehalten werden, der nachtheiliger als der erste ist. Wenn ohne weitere Ueberdeckung des Körpers nur in einem Helm die Luftröhren angebracht wären, so daß in der Brust und in den Lungen die Luft die gewöhnliche Spannung hätte so würde beim Tauchen bis etwa zu 20 Fuß Tiefe der äußere Druck schon die Circulation des Bluts hemmen und Erstarrung eintreten. Aus diesem Grunde sind die starken kupfernen Cylinder nothwendig, doch sind diese bei jeder Bewegung sehr hinderlich, und wenn vollends auch nur eine geringe Strömung oder Wellenbewegung stattfindet, so wird der Taucher davon gefaßt und fortgetrieben.

Der Tonkinsche Taucher-Apparat unterscheidet sich von dem vorstehenden dadurch, daß auch die Arme, die Schenkel und Füße mit starken metallnen Cylindern umgeben sind, über welche wasserdichte Kleider gezogen werden. Braithwaite ging mit diesem Apparat in den 1804 bei Weymouth auf 10 Faden Tiefe gesunkenen Ostindien - Fahrer Obergavenny herab. Die Luftröhren reichten bis über Wasser und man fand, daß der Taucher sich durch dieselben bei lautem Sprechen sogar verständlich machen konnte.

Der Apparat, für welchen W. H. James patentirt ist, unterscheidet sich wesentlich von den beschriebenen dadurch, daß die Zu- und Ableitungsröhren der Luft fehlen, und sonach der Taucher sich ganz beliebig bewegen kann. Ausserdem schließt der Helm, der nur so groß ist, daß der Kopf darin freien Spielraum findet, einen weit geringeren Raum ein, wodurch der Widerstand des Wassers gleichfalls vermindert wird. Fig. 235 zeigt den Apparat im Durchschnitt *). Der Helm ist wieder aus Kupferblech getrieben und wasserdicht gelöthet. Er umgiebt den Kopf, den Hals, die Brust und den obern Theil des Rückens und ruht auf den Schultern. Eine Jacke aus wasserdichtem Zeuge ist an den untern Rand des Helms genäht. Die Aermel reichen bis gegen die Hand und werden

*) *Hebert's Engineer's and Mechanic's Encyclopaedia. Diving Apparatus.*

zweimal, nämlich über dem Handgelenk und am Oberarm durch elastische Bänder fest aufgebunden. Ein breiter und starker elastischer Gürtel schließt die Jacke dicht über den Hüften fest an den Leib. Außerdem zieht der Taucher noch eine Hose aus wasserfestem Zeuge an, die über den Knöcheln wieder mit elastischen Bändern fest angeschlossen und oben über die Jacke gestreift und durch den erwähnten Gürtel gehalten wird. Für den untern Theil der Bekleidung ist die vollkommene Wasserdichtigkeit weniger nothwendig, als für den obern.

Statt der einzelnen Angengläser enthält der Helm eine quadratische Oeffnung von etwa 6 Zoll Breite und Höhe, welche durch eine starke Glasscheibe geschlossen wird. Sie befindet sich vor den Augen und der Nase des Tauchers. Derselbe ist sonach im Stande, einen weiten Raum frei zu übersehn und namentlich alle Gegenstände zu seinen Füßen zu erkennen, ohne daß er den Kopf überneigen dürfte.

Der Raum im Innern des Helms ist mit Luft angefüllt. Dieselbe wird aber durch das Athmen nicht verdorben, indem der Taucher wieder das Mundstück einer Röhre im Munde hat, wodurch er die Luft ausblast. Diese Röhre besteht aus Kautschuck und mündet durch eine feine, mit einem Klapp-Ventil versehene Oeffnung im Scheitel des Helms, wodurch die Luft in das Wasser entweicht. Zum Ersetzen der eingeathmeten Luft in dem Helme dient ein Reservoir, das mit comprimirter Luft angefüllt ist. Dasselbe besteht aus einer schraubenförmig gewundenen kupfernen Röhre, welche unter den Armen hängt. Diese Röhre wird vorher mittelst einer Compressions-Pumpe gefüllt, und an ihrem obern Ende steigt eine mit einem Hahn versehene feine Röhre auf, welche durch einen Kautschuck-Schlauch mit einer Ansatzröhre mit dem Helm verbunden ist. Sobald die im Helm befindliche Luft so sehr verdünnt ist, daß das Athmen beschwerlich wird, so öffnet der Taucher den erwähnten Hahn, und sogleich strömt die erforderliche Luftmenge wieder hinzu. Sollte durch zu langes Oeffnen des Hahns oder wegen Undichtigkeit desselben zu viel Luft einströmen, so überflutet der Helm, der nur gegen den äußern Druck gesichert ist, mit Wasser, so entweicht die Luft durch ein gehörig belastetes Sicherheits-Ventil, das sich an der vordern Seite des Helms unter der Zuleitungsröhre befindet. Durch dieses Ventil wird auch die

Der unter der Benennung Scaphander bekannte Apparat fand seinen Eingang, und zwar sieht man auf Baustellen, wo vielfach sein Gebrauch gemacht wird, eine große Anzahl derselben, und besondere Arbeiter sind beschäftigt, die nöthigen Reparaturen daran anzutühren, so daß bei vorkommenden Beschädigungen keine Unterbrechung eintritt, sondern sogleich ein Wechsel erfolgen kann. Die ganze Bekleidung besteht aus den erwähnten wasserdichten Stoffen. Die Jacke wird über die Hose gezogen und durch einen elastischen Gürtel mit dieser verbunden, so wie elastische Bänder die erste an den Handgelenken und die letzte über den Knöcheln den wasserdichten Schluß darstellen. Außerdem gehört zu dem Anzuge noch ein Paar Schuhe mit schweren Bleisohlen.

Die Jacke ist verbunden mit einem starken gekrümmten Ringe aus Messing, der auf den Schultern ruht, und an diesen schließt sie mittelst mehrerer Schrauben der messingne Helm wasserdicht an, der den Kopf und Hals überdeckt. Dieser Helm ist mit zwei runden, 4 Zoll im Durchmesser haltenden starken Gläsern versehen, welche der Sicherheit wegen auf der äußern Seite noch durch ein zernes Gitter geschützt sind. Auf dem obern Theil des Hinterkopfes wird die Luft durch einen Gummischlauch in den Helm eingepumpt, und zum Auslassen derselben dient ein Ventil auf dem Scheitel, das sich von selbst öffnet, sobald der Druck im Innern stärker wird, als der Druck des Wassers ist. Der Eintritt der ausgeathmeten Luft in den Helm ist ohne Nachtheil, da hier fortwährend reichlich frische Luft hinzutritt, doch hat man zuweilen auch eine besondere, gleichfalls mit einem Ventil versehene Ausathmungsrohre angebracht, die der Taucher in den Mund nimmt.

Der erwähnte Gummischlauch führt nach einer Luftpumpe, die so lange in Thätigkeit erhalten wird, als der Taucher sich unter Wasser befindet, und während dieser Zeit bemerkt man die in Blasen entweichende Luft, woraus man auf die genügende Wirkbarkeit der Pumpen schließen kann. Der Taucher ist indessen auch die Bleisohlen nicht hinreichend beschwert, er trägt daher noch Bleigewichte vor der Brust und am Rücken, die am Helm befestigt sind. Eine Leine, welche ein oben stehender Arbeiter in der Hand hält, dient, je nachdem sie einmal oder wiederholentlich angezogen wird, zu verschiedenen verabredeten Signalen, und möglichen Falls kann der Taucher daran heraufgezogen werden. Beim regelmäßigen

Fortgange der Arbeit steigt er aber an einer Strickleiter hinab und herauf.

Das Tauchen bis auf eine Atmosphäre Ueberdruck, also etwa 30 Fuß Tiefe, ist ohne Nachtheil für gesunde Personen, und die Taucher gehn in der Regel zweimal am Tage auf etwa 3 Stunden herab. Wichtig ist es, daß sie nicht zu schnell herab- und noch mehr, daß sie möglichst langsam heraufsteigen, weil die plötzliche oder zu rasche Veränderung des Luftdrucks der Lunge nachtheilig ist. Kräftige Personen können aber auch zu viel größerer Tiefe herabsteigen und man hat Beispiele, daß selbst unter dem Druck von $4\frac{1}{4}$ Atmosphären noch Arbeiten ausgeführt wurden.

Diese Apparate haben sich bei dem vielfachen und lange fortgesetzten Gebrauch, den man von ihnen gemacht hat, als vollständig sicher bewährt. Nichtsdestoweniger ist die Zuführung der Luft dabei nicht nur unbequem, sondern auch schädlich, insofern eine starke Strömung fortwährend den Kopf trifft. Dazu kommt noch, daß bei der Verdichtung der Luft Wärme frei wird, also die Luft mit erhöhter Temperatur in den Helm tritt, während der übrige Körper durch das umgebende Seewasser abgekühlt wird. Rheumatische Uebel sind daher nicht selten die Folge des Tauchens in Scaphandern.

Die erwähnten Uebelstände sind vor einigen Jahren durch eine sinnreiche Anordnung der Zuführung der Luft und durch eine Veränderung der Luftpumpe beseitigt. Die Erfindung rührt vom Französischen Ingenieur Rouquayrol und vom Marine-Lieutenant Denayrouze her. Sie ist bereits vielfach zur Anwendung gekommen und hat nach den bekannt gewordenen Berichten über die in Französischen Kriegshäfen dabei gemachten Erfahrungen sich vollständig bewährt *). Dieser Apparat wird auch bei den Bernstein-Fischereien in der Ostsee mit Vortheil benutzt und ist seit einiger Zeit beim Hafenbau in Stolpmünde im Gebrauch.

Der wesentlichste Theil ist das Luft-Reservoir. Der Taucher trägt auf dem Rücken die beiden Fig. 245 a. und b. auf Taf. XXXI. dargestellten und mit einander verbundenen Cylinder aus Stahlblech. Der untere, etwa 7 Zoll lange und 4 Zoll im Durchmesser haltende Cylinder, der horizontal liegt, ist das Luft-Magazin, in welches mittelst eines

*) *L'art de plonger et de travailler sous l'eau.* In Paris ohne Jahreszahl gedruckt.

schlauchs die verdichtete Luft eingepumpt wird. Der darüber befindliche aufrecht stehende Cylinder, der wieder 4 Zoll im Durchmesser halt, und etwa 3 Zoll hoch ist, steht mit dem ersten durch eine Röhre in Verbindung, in welcher sich ein Kegel-Ventil befindet, das nach unten aufschlägt. Da der Luftdruck im ersten Cylinder meist stärker ist, als im zweiten, so bleibt dieses Ventil gewöhnlich geschlossen, doch öffnet es sich, sobald die Luft im obern Cylinder nicht mehr die der Tiefe entsprechende Spannung hat. Dieser Cylinder ist nämlich in der obern Basis mit keiner festen Decke versehen. Es tritt derselbst aus der cylindrischen Fläche ein Rand nach innen vor. Ueber diesen ist eine dünne Kautschuckplatte gespannt, die durch einen darüber gelegten Ring gehalten wird. Dieser Ring ist durch Schrauben gegen jenen Rand des Cylinders befestigt. Die elastische Decke hebt sich, sobald die Spannung im Innern stärker als die äussere ist, und im entgegengesetzten Fall krümmt sie sich abwärts. Durch die Mitte dieser Decke greift aber der Stiel des erwähnten Ventils hindurch und wird sowohl darüber wie darunter durch Scheiben und Schraubenmuttern sicher gehalten. Indem das Ventil sich nicht heben kann, so ist auch die Hebung der Kautschuckplatte in ihrem Mittelpunkte unmöglich, wohl aber senkt sie sich, sobald die Luft im obern Cylinder nicht die der Tiefe entsprechende Spannung hat. In diesem Fall stösst sie das Ventil auf, und es tritt aus dem untern Cylinder so viel Luft hinzu, daß das Gleichgewicht sich darstellt. Alsdann bildet die elastische Platte wieder eine Ebene, wobei das Ventil sich schließt. Um die Bewegung des Ventils zu sichern, setzt sich der Stiel desselben nach abwärts fort und endet in einem Stege die Führung, so daß er in der Achse der Röhre bleibt. Fig. b. zeigt diese Anordnung im Durchschnitt.

Aus dem obern Cylinder wird die Luft dem Taucher zugeführt, doch tritt die Kautschuckröhre nicht unmittelbar in seinen Mund, sondern endet in einer gebognen Kautschuckplatte, die vor dem Munde liegt, und aus welcher zwei Lappen vortreten, welche mit den Lappen festgehalten werden. Beim Einathmen wird die Luft in dieser Art aus dem obern Cylinder entnommen, worauf sogleich dieselbe Luftmasse aus dem untern zuströmt. Die Ausathmung erfolgt durch dieselbe Röhre, da jedoch der obere Cylinder schon dem Wasserdruck entsprechend gefüllt ist, so wird diese Luft

durch ein eigenthümlich geformtes Ventil in das Wasser ausgestoßen. Man sieht dieses Ventil in Fig. 245 a. in der Seiten-Ansicht und in Fig. c. zeigt es von vorn. Es besteht wieder aus Kautschuck und stellt sich als eine Platte von 3 Zoll Höhe und 2 Zoll Breite dar. Mit ihrem untern Ende umschliesst dieselbe das metallne Rohr, welches die Fortsetzung des Gummischlauchs bildet. Das Rohr ist hier mit einer Oeffnung versehen, und diese steht in Verbindung mit einer Höhlung in der Platte. letztere spaltet sich aber in zwei Lamellen, welche beim Einströmen des Wassers sich aneinander und sperren die Verbindung jener Höhlung mit dem umgebenden Wasser. Sobald aber beim Ausathmen der Druck sich vermehrt, so öffnen sie sich ein wenig und lassen die Luft entweichen.

Der Taucher athmet die Luft sowohl aus wie ein nur durch den Mund, und um zu verhindern, dass er nicht vielleicht unvorsichtiger Weise auch durch die Nase athmet, so wird eine gepolsterte mit einer Schraube anzuspännende leichte Klemme auf die Nase gesetzt, welche beide Flügel der letzteren eindrückt. Indem der untere Cylinder sehr stark gespannte Luft enthält, mit der nach dem jedesmaligen Bedürfnis der obere Cylinder sich füllt, so kann der Taucher aus dem ersteren noch während einiger Minuten die nöthige Luft entnehmen, wenn auch die Pumpe ausser Thätigkeit gesetzt wird, oder vielleicht der Schlauch undicht werden sollte. Am Eintritt desselben in den Cylinder befindet sich aber eine Klappe, welche den Rücktritt der Luft verhindert. Giebt man dem Taucher durch Ansehen der am seinen Leib gebundenen Leine das Zeichen, dass die Zuführung der Luft aufgehört hat, so genügt der Vorrath den er auf dem Rücken bei sich führt, vollständig, um auf dem Strickbrette wieder über Wasser steigen zu können.

Der zu diesem Apparat gehörige Luftzylinder, die Fig. 245 d sowohl in der Ansicht von der Seite als im Durchschnitt zeigt, unterscheidet sich von den sonst üblichen dadurch, dass nicht die Kälben, sondern die Plempen, welche durch die Plempenbewegung während der Plempenbewegung an der Plempenplatte befestigt sind, um die Plempenbewegung zu bewirken, durch Plempenbewegung der Plempenbewegung bewirkt werden. Ueber jeder Plempenbewegung befindet sich ein Plempenbewegung, das Plempenbewegung bewirkt, das Plempenbewegung bewirkt. Um dasselbe in seiner geordneten Bewegung zu erhalten, um zu verhindern, da

Nicht etwa anspringt, tritt ihm aus dem Scheitel der Haube ein Stempel entgegen, der seine Bewegung begrenzt. Zur Seite von jeder Haube steht ein Becher, aus welchem eine Röhre, die man mit einem Hahn abschließen kann, über das obere Ventil führt. Hierdurch läßt sich jene Platte mit einer Wasserschicht überdecken. Der Kolben ist gleichfalls mit einem Kegelventil versehen, dessen Bewegung durch einen Knopf am untern Ende seiner Achse benutzt wird.

Die Vorzüge dieser Anordnung sollen besonders in der erwähnten Überdeckung des obern Ventils mit Wasser beruhen, wodurch theils ein dichter Schluß dargestellt, theils aber auch die Luft abgekühlt wird, indem sie durch das Wasser tritt. Letzteres kann augenscheinlich nur geschehen, wenn man das Wasser häufig erneuert, und dieses geschieht durch die neben jeder Haube befindlichen und durch Hähne abzusperrenden Becher. Außerdem wird bei dieser Anordnung der Pumpe gerühmt, daß der sogenannte Hohlraum dabei fast ganz verschwindet, indem die obere Platte des Kolbens bei jedem Stofs die darüber befindliche Platte berührt.

Aus jeder Haube wird die comprimirte Luft durch einen Gummischlauch abgeleitet. Einen derselben zeigt die Figur, und beide strecken sich vor einem Manometer, welches die Spannung der Luft anzeigt. Unter demselben befindet sich ein Hahn, der bei zu starkem Druck geöffnet wird. Dieselbe Messingröhre, welche diesen Hahn und das Manometer trägt, spaltet sich in ihrer Fortsetzung in zwei Ausätze, an welche zwei Gummischläuche anzuschrauben sind, von denen jeder aber durch einen besondern Hahn gesperrt werden kann. In dieser Weise genügt ein Pumpen-Apparat, um zwei Taucher mit Luft zu versehen. In alle Gummischläuche sind Draht-Spiralen eingeschoben.

Der beschriebene Taucher-Apparat kann auch ohne Helm und besondere Kleidung benutzt werden. Der Taucher schnallt den in Fig. 345 a. und b. dargestellten Luft-Cylinder auf den Rücken, nimmt die Kautschuckplatte vor den Mund, bindet den Nasenkneifer an und zieht die mit Bleisohlen versehenen Schuhe an, worauf er schwimmt oder in gewöhnlicher leichter Kleidung herabsteigt. Er kann sich alsdann besonders leicht bewegen und ist zu starker Kraftanstrengung befähigt, doch verbietet alsdann die Kälte einen längern

Aufenthalt im Wasser. Wenn daher nicht vorherzusehn, daß die Arbeit etwa in einer halben Stunde beendigt werden kann, so ist die Anlegung des Taucher-Anzuges nothwendig.

Ueber diesen Anzug ist wenig zu sagen, da er mit dem oben beschriebenen übereinstimmt, nur fehlt dabei der Helm, der bei der directen Zuführung der Luft nach dem Munde entbehrlich ist. Dafür schließt sich an die Jacke eine Kappe an, die den Hinterkopf bedeckt, und diese ist mit einem schräge abgeschnittenen Blechkegel verbunden, der vor dem Gesicht liegt. Durch denselben ist die Luftröhre nach dem Munde des Tauchers hindurchgezogen, und in seiner äußern Basis ist ein starkes Glas von 3 Zoll Durchmesser eingesetzt. Dieses Glas soll bequemer sein, als die im Helm vor beiden Augen angebrachten Gläser. Dabei tritt indessen ein Uebelstand ein, den man im Scaphander nicht bemerkt. Die in den Helm des letztern fortwährend eintretende und wieder entweichende Luft beseitigt nämlich den Wasserdunst, während derselbe aus dieser Kopfbedeckung sich nicht entfernen kann und auf dem Glase so stark niederschlägt, daß dieses undurchsichtig wird. Der Taucher muß alsdann seine Arbeit unterbrechen und heraufgehn, um das Glas abwischen zu lassen, Man hat bemerkt, daß solche Unterbrechung besonders nach Einnahme der Mittags-Mahlzeit vorzukommen pflegt.

Die Taucher-Arbeiten werden häufig durch die Dunkelheit unterbrochen, und wenn das Wasser trübe ist, so fehlt es selbst bei Tage schon in mäßiger Tiefe so sehr an Licht, daß aus diesem Grunde alle Untersuchungen und Verrichtungen unmöglich werden. Man hat aus diesem Grunde sich vielfach bemüht, eine brauchbare Taucherlampe darzustellen. In einfachster Weise ist dieses geschehn, indem man die Lampe wasserdicht rings umher abschloß, und sie durch eine flexible Röhre mit der äußern Luft über Wasser in Verbindung setzte. Der Effect war indessen wegen mangelnden Zutritts frischer Luft durchaus ungenügend. Nahe dasselbe fand auch statt, wenn man zwei Röhren oder Schläuche anbrachte, die über Wasser hinaufreichten, und von denen die eine sich unmittelbar über der Flamme befand, durch welche also die erwärmte Luft abgeführt werden sollte. Diese erkaltet aber so sehr, daß die beabsichtigte Circulation nur höchst unvollständig eintritt, und selbst in geringer Entfernung nur ein schwacher Schimmer sich bildet. Auch die Ver-

be, aus dem Helm der Lampe frische Luft zuzuführen, gaben keine brauchbaren Resultate, woher gemeinhin die Taucher-Arbeiten unterbrochen werden, sobald das Wasser stark getrübt ist.

In neuerer Zeit hat man jedoch diesen Uebelstand durch Anwendung der electrischen Lampe vollständig beseitigt. Ausserhalb treten in Kautschuckröhren die Leitungsdrähte bis über das Wasser und stehen mit einer galvanischen Säule von 50 Elementen in Verbindung. In der Lampe befinden sich die beiden Kohlenstifte, zwischen denen die Lichtentwicklung erfolgt, und diese ist so stark, daß die Umgebungen deutlicher als im Tageslicht vortreten. Die Erleuchtung setzt sich unverändert während drei Stunden fort, wann sind die Kohlenstifte verbrannt und es müssen dafür neue eingeschaltet werden. Die ganze Vorrichtung, welche mit den auf Gesichtshärmen eingeführten übereinstimmt, ist aber sehr kostbar, daher für vorliegenden Zweck wohl nicht leicht davon Gebrauch gemacht werden dürfte.

§. 55.

55. Die Taucherglocke.

Die Taucherglocke besteht aus einem hinreichend festen und ausgedühten Behälter ohne Boden, in welchem mehrere Personen sich aufhalten und die verschiedensten Verrichtungen vornehmen können. Beim Versenken wird die darin enthaltene Luft durch den Wasserdruck, der von unten auf sie wirkt, comprimirt, indem man fortwährend Luft hineinpumpt, so wird das Wasser bis zum oberen Rande der Glocke zurückgedrängt, und in der Glocke stellt sich diejenige Spannung der Luft ein, welche dem Wasserdruck an der Basis entspricht.

Die Verdichtung der Luft ist namentlich beim Herabgehn zu größerer Tiefe zwar fühlbar, doch verschwindet die Unbequemlichkeit, sobald die im menschlichen Körper enthaltene Luft dieselbe Spannung, wie die äußere, angenommen hat. Diejenigen Personen, welche schon mehrmals herabgegangen sind, pflegen auch durch leichtes Ein- und Ausathmen in der Zeit, wo der Luftdruck sich ändert, die Ausgleichung schnell herbeizuführen.

Die Erfindung der Taucherglocke ist sehr alt, schon

Aristoteles sagt, daß man unter einem umgekehrten Kessel sich tief ins Wasser herablassen kann. Nach manchen Nachrichten muß man annehmen, daß die Taucherglocke bereits im funfzehnten Jahrhundert beim Perlenfischen gebraucht wurde. In Toledo ließen sich in Gegenwart Karl V. zwei Griechen unter einem umgekehrten Kessel in den Tajo herab und nahmen zugleich ein brennendes Licht mit sich, das beim Aufziehn des Kessels zur allgemeinen Verwunderung noch brannte.

Im siebzehnten Jahrhundert wurde die Taucherglocke, wie Leupold mittheilt, vielfach benutzt, und zwar bestand sie gemeinhin aus Blei, war aber nur etwa 3 Fuß hoch, während sie unten einen Korb trug, worin der Taucher saß. Für Erneuerung der Luft wurde dabei gar nicht gesorgt, woher sie jedesmal nach kurzer Zeit wieder gehoben werden mußte.

Karl II., König von Spanien und Portugal, gab 1680 einem Amerikaner Namens W. Phipps die Erlaubniß, die reiche Ladung eines bei Hispaniola gestrandeten und gesunkenen Schiffes mittelst der Taucherglocke herauszubringen. Der Erfolg war aber in den ersten Jahre so unbedeutend, daß die Unterstützung, die der König Anfangs gewährt hatte, ausgesetzt wurde und dadurch das ganze Unternehmen ins Stocken gerieth. Phipps reiste indessen bald darauf nach England und wufte einige Privat-Personen, denen er bedeutende Antheile des Gewinns zusagte, für das Unternehmen aufs Neue zu gewinnen. Im Jahre 1687 wurden die Versuche wieder begonnen, und zwar so glücklich, daß etwa 200,000 Pfund Sterling in Gold gehoben wurden.

Gegen das Jahr 1700 gab der berühmte Astronom Halley die in Fig. 236 auf Taf. XXIX. dargestellte Einrichtung der Taucherglocke an, die ziemlich nahe mit der jetzt üblichen übereinstimmt. Die Glocke hatte die Form eines abgestutzten Kegels und war aus starken Falsdauben zusammengesetzt. Im Innern war sie aber mit zusammengelötheten Bleiplatten bekleidet. Ihre Höhe betrug 8 Fuß, der untere Durchmesser 5, der obere 3 Fuß. Ihr Gewicht war nicht so groß, daß sie von selbst herabsank. Sie war daher unten mit drei aufwärts gekehrten Haken versehen und hieran hingen drei eiserne Gewichte von je 2 Centnern. Diese Gewichte standen, wenn die Glocke ganz herabgelassen war, auf dem Grunde, die Glocke selbst berührte aber diesen nicht, sondern

blieb mit ihrem Rande, wie es scheint, etwa 3 Fuß darüber, was auch wegen der gewählten Art der Zuleitung der Luft nothwendig war. In einiger Höhe über dem untern Rande befand sich eine kreisförmige Bank, auf der die Arbeiter beim Herablassen wie beim Heben der Glocke saßen. Bei der Arbeit selbst standen sie im Wasser. In der Decke befand sich eine Oeffnung, worin eine starke Glasscheibe luftdicht eingesetzt war. Daneben war eine zweite kleine Oeffnung zum Auslassen der Luft eingeschnitten, die jedoch gewöhnlich durch einen Hahn geschlossen blieb.

Die Glocke wurde am Bogspriet eines Schiffes herabgelassen, und daneben waren noch zwei Rollen befestigt, an welchen die beiden Luft-Fässer hingen, die abwechselnd sich auf und ab bewegten und bei jedem Niedergang die erforderliche Luft der Glocke zuführten. Jedes dieser Fässer war durch starke Gewichte hinreichend beschwert, um, selbst wenn es Luft enthielt, noch schnell herabzusinken, und faßte $5\frac{1}{2}$ Cubikfuß. Sowohl oben als unten waren die Fässer mit Oeffnungen versehen. Die untern blieben ganz frei, aus den obern trat dagegen in jedem Fasse ein lederner, durch eine Spiralfeder offen gehaltener Schlauch von etwa 5 Fuß Länge heraus, der mit einer schweren Ausgüßröhre aus Messing versehen war. Sollte eins dieser Fässer mit Luft gefüllt werden, so hob man, sobald sein Boden über Wasser trat, die Ausgüßröhre auf, durch welche die Luft bei weiterm Anheben des Fasses in dasselbe einströmte. War dieses geschehn, so ließ man den Schlauch niederfallen und versenkte das Faß auf den Meeresgrund, so daß es tiefer als der untere Rand der Glocke stand. Aus der letztern faßte man alsdann den Schlauch mit einem Haken, und hob seine Mündung innerhalb der Glocke aufwärts, worauf die Luft aus dem Faß in die Glocke strömte. War diese ganz mit Luft angefüllt, so öffnete man von Zeit zu Zeit den Hahn in der Decke, um in demselben Maße, wie frische Luft von unten hinzutrat, die verdorbne oben auszulassen.

Ueber die Benutzung dieser Taucherglocke sammelte Mulby sehr schatzbare Erfahrungen. Er ging einst selbst mit ihr herab und zwar bis 60 Fuß unter den Meeresspiegel. Er blieb anderthalb Stunden ohne Beschwerde unten, nur die schnelle Zunahme des Luftdrucks während des Herablassens fand er unangenehm, da sie heftige Ohrenschmerzen verursachte, indem die com-

primirte Luft auf das Trommelfell einen starken Druck ausübte, so lange die Luft im Innern des Körpers noch nicht dieselbe Spannung hatte. Halley empfahl daher, man solle die Glocke zuerst 12 Fuß tief herablassen und sie einige Zeit in dieser Höhe halten, damit die Ausgleichung des Drucks nach und nach erfolgen könne. Er fand übrigens, daß die Beleuchtung bei ruhiger See vollkommen genügend und sogar besser war, als bei trübem Wetter in manchen Zimmern, man konnte aber auch ganz bequem in der Glocke ein Licht anzünden, falls die Beleuchtung nicht hinreichte. An einer unter dem Rande der Glocke hindurch gezogenen Leine wurden Bleitäfelchen herauf- und herabgelassen, auf welchen man die Mittheilungen aufschrieb, die man sich gegenseitig machen wollte. Endlich erwähnt Halley, daß beim Oeffnen des Lufthahns der Wasserspiegel in der Glocke in Folge der plötzlichen Verminderung des Drucks in ein Aufwallen versetzt wurde, als wenn das Wasser kochte.

Halley erfand im Jahre 1721 noch eine Vorrichtung, durch welche man einzelne Arbeiter mit einem Taucherhelm versehen und zu manchen Untersuchungen und Verrichtungen außerhalb der Glocke beschäftigen konnte. Dieser Helm bestand wieder in einer unten offenen Glocke aus Blei, die man wie eine Kappe auf den Kopf setzte, die aber bis unter die Schultern herabreichte. Sie stand mittelst eines ledernen Schlauchs von 2 Zoll innerm Durchmesser mit der Glocke in Verbindung. Der Schlauch wurde wieder durch eine messingene Spiralfeder offen gehalten und hatte die Länge von etwa 40 Fuß. Sobald diese Kappe über dem Wasserspiegel in der Glocke getragen wurde, strömte die Luft ununterbrochen aus der letztern in die erstere über, nur wenn der Taucher unter dem Rande der Glocke hindurchging, mußte die Verbindung beider unterbrochen werden, weil sonst die Kappe sich mit Wasser füllte. Hierzu diente ein Hahn dicht neben der Kappe, den der Taucher selbst schliessen und öffnen konnte. Letzterer trug den ganzen Schlauch, soweit derselbe frei war, über dem linken Arm und hob eine Windung nach der andern ab, wenn er sich von der Glocke entfernte. Wollte er dagegen zurückgehn, so durfte er nur dem Schlauch folgen, um die Glocke wieder zu finden.

Der Taucher stand indessen so lose im Wasser, daß er selbst

dem schwächsten Strom nicht widerstehn und nur mit Mühe den Widerstand des Wassers überwinden konnte. Er mußte daher noch mit etwa 200 Pfund Blei belastet werden, welches man ihm an den Gürtel hing, um den Schwerpunkt möglichst zu senken. Endlich erwähnt Halley, daß die Kälte des Meerwassers so groß war, daß der Taucher außerhalb der Glocke fast erstarrte. Es mußte deshalb für dicke wollne Kleidung gesorgt werden, die zwar sogleich sich voll Wasser zog, aber dennoch die Kälte mäßigte.

Im Jahre 1775 gab Spalding mehrfache Aendrun gen in der Einrichtung der Halleyschen Glocke an, nachdem er 1774 dieselbe zum Bergen der Ladung eines bei Fern-Island gesunkenen Schiffs vergeblich und mit den größten Gefahren versucht hatte. Auf dem felsigen und unebnen Boden, wo unabsehbare Gründe neben hohen Klippen lagen, war nämlich ein Umschlagen der Glocke leicht möglich, außerdem aber entstand noch bei den unzulänglichen Einrichtungen die Besorgniß, daß am Apparate irgend etwas brechen oder die Arbeiter nicht gehörig sorgsam sein möchten. Spalding stellte sich daher die Aufgabe, solche Anordnungen zu treffen, daß die herabgelassenenen Arbeiter in den Stand gesetzt würden, die Glocke in jeder beliebigen Höhe festzubalten, so daß ein weiteres Sinken derselben nicht stattfände, wenn auch das Tau noch fortwährend nachgelassen würde. Außerdem sollte die Glocke aber auch ganz unabhängig von der Windevorrichtung sogleich wieder gehoben werden können, und zwar bis zur Oberfläche des Wassers.

Fig. 237 stellt diese Glocke im Durchschnitt dar. Sie besteht weder aus Holz und ist mit doppeltem Boden versehen, so daß der obere Theil einen luftdicht abgeschlossenen Raum bildet. Die Belastung besteht theils aus den vier zur Seite aufgehängten Gewichten *A*, theils aus einem in der Mitte herabhängenden Gewichte *B*. Die vier ersten sichern nur die aufrechte Stellung der Glocke, es genügen aber, selbst wenn der obere Raum mit Wasser angefüllt ist, noch nicht vollständig, um die Glocke in der Tiefe zu erhalten, vielmehr ist hierzu noch das Gewicht *B* erforderlich. Wenn dagegen der obere Raum mit Luft erfüllt wird, so steigt die Glocke sogleich mit allen Gewichten empor. Das Gewicht *B* dient hiernach als Anker für die Glocke. Beim Herablassen wird der obere Raum mit Wasser gefüllt, indem man das Ventil *D* mit-

telst der Zugstange *C* aufstößt, das Gewicht *B* wird aber so herabgelassen, daß es einige Fuß tief unter dem Rande der Glocke hängt. Trifft man nun zufälliger Weise auf einen vorragenden Gegenstand, der ein Umschlagen der Glocke zur Folge haben könnte, so läßt man sogleich das Gewicht *B* so weit herab, daß es den Grund berührt. Alsdann sinkt die Glocke nicht tiefer, sondern schwimmt frei im Wasser, und zwar in senkrechter Stellung und in derjenigen Höhe über dem Grunde, welche die Länge des Taues von *B* bedingt. Man kann sonach schon durch Lösen dieses Taues die Glocke bis zur Oberfläche des Wassers ansteigen lassen, aber alsdann bliebe das Gewicht *B* am Grunde liegen. Dieses wird vermieden, wenn man den obern Raum der Glocke mit Luft füllt, Letztres geschieht, sobald man den Hahn *E* öffnet. Die Luft dringt alsdann aus dem untern Raum in den obern, wenn die Versorgung des erstern regelmäßig fortgeht, so füllen sich bald beide mit Luft an, und die Glocke steigt mit zunehmender Geschwindigkeit herauf, indem die Luft bei Verminderung des äußern Drucks sich ausdehnt und sonach das Wasser herausdrängt. Das Ansteigen geschieht sogar mit solcher Heftigkeit, daß die Arbeiter von den Sitzen geworfen werden, und man muß daher die Geschwindigkeit mäßigen, was durch Auslassen der Luft durch den Hahn *F* möglich wird.

Im Uebrigen ist diese Glocke der Halley'schen ziemlich ähnlich. Die zwei Fenster befinden sich an den Seitenwänden, eines derselben ist bei *G* sichtbar. Die Bänke sind nicht fest, sondern hängen an Leinen, und hierzu, so wie auch zu andern Zwecken sind eine Menge Haken in dem Mittelboden angebracht. Die Versorgung mit Luft geschieht nahe in derselben Art, wie bei der Halley'schen Glocke. Die Luftfässer haben wesentlich dieselbe Einrichtung, nur ihre Form ist verschieden, und sie werden so wie die Glocke durch vier Bleigewichte belastet. Damit sie aber regelmäßig neben der Glocke herabkommen, und namentlich der Schlauch mit Leichtigkeit von den Arbeitern gefaßt werden kann, befinden sich zwei Leitschienen neben der Glocke und sind an dem untern Rande derselben befestigt. Die Schläuche, welche an den Fässern ausgehen, sind oben an passenden Stellen mit Ringen versehen, durch welche jene Leitschienen gezogen sind. Auf dieser Art kommen die Schläuche unmittelbar neben der Glocke zu

55. Die Taucherglocke.



können sonach leicht gefasst werden. Sie sind aber ohne geschlossen, damit die Luft, namentlich wenn die soll, langsam ausströmen kann.

Jahre später schlug Coulomb eine andre Einrichtung vor, wobei diese nicht bis zu beliebiger Tiefe herab, sondern nur so weit gesenkt werden konnte, als die Bord mit verbundenen Schiffs es gestattete. Der Apparat schied dadurch in Taucherschiff, wovon in Folgendem wird.

Es ist die Aenderung, welche Smeaton 1776 in der der Taucherglocke einfuhrte. Er stellte sie nämlich dar, und um sie mit frischer Luft zu versehen, besaß der bisher üblichen Luftfasser eine kräftige Druck-

Er gab ihr also diejenige Einrichtung, welche sie bis hat, die auch wegen der Einfachheit und großen und Bequemlichkeit im Gebrauch den Vorzug verdient. Sie wurde zuerst beim Bau des Hafens zu Ramsgate war $4\frac{1}{2}$ Fuß lang, 3 Fuß breit, $4\frac{1}{2}$ Fuß hoch und tiefer. Zwei Mann fanden darin Platz, und die Luft und sich in einem Boote, während die Glocke am Aus-Krahns hing.

gegenwärtig üblichen Taucherglocken bestehen aus und haben mit manchen geringen Abweichungen die dargestellte Form und Einrichtung. Die Glocke bildet als ein rechtwinkliges Viereck mit abgerundeten Ecken Länge und 4 Fuß Breite. Ihre obre Decke ist flach und mit einer Verstärkungsrippe versehen, die sich über die der Glocke erstreckt. Die Höhe mißt $4\frac{1}{2}$ bis 5 Fuß. Stärke beträgt in der Decke und im obern Theil der Linien, unten dagegen bis 3 Zoll. Durch diese Zunahme der wird der Schwerpunkt tiefer herabgebracht. Eine solche beträgt durchschnittlich 100 Centner, wogegen das durch sie Wasser nur etwa 65 Centner wiegt. Ihr eignes Gewicht ist, um sie ohne fremde Belastung bis zu jeder beliebigen zulassen.

on the late John Smeaton. Sec. edition. Vol. II, London 1792.

V. Vertheilung des Fahrwassers.

Man hat aufgeschraubten Leisten an den schmalen Enden der Bretter, welche zu Sitzbänken dienen, in der Mitte der langen Seiten, und zwar an jedem Ende eine eiserne Bügel aufgeschraubt, welche die Bretter tragen, die als Fußbrett benutzt, während die anderen ausgehoben wird, weil sie den Arbeitern dienen. In der Decke sind zwölf Öffnungen gleichmäßig befindlich, in welche kreisrunde Gläser eingesetzt sind. Diese Scheiben sind $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll dick, so daß sie einen bedeutenden Druck oder Stoß aushalten können. Es sind dieselben Gläser, welche in der Decke einkittet, um die untern Räume zu vertheilen, und so stark, daß Ketten, Anker und dergleichen liegen werden dürfen.

Die Decke ist, die auf beide Seiten gleichmäßig, mit zwei Reihen Haken aus Schmiedeeisen besetzt, worüber gemeinlich Leinen gespannt, um die Utensilien anzuhängen. Häufig sind starke Haken herab, woran man Flaschen, oder dergleichen schwere Gegenstände, wie Stühle, dgl. in der Glocke herablassen, oder aufheben kann.

Die Luft mit Luft erfolgt durch eine Compressionspumpe, die Augenblicke an, wo die Glocke in das Wasser vollständig herausgezogen ist, ununterbrochen arbeitet. Diese Pumpe ist gemeinlich in gleiche Weise, wie eine Feuerspritze aufgestellt. Sie hat einen kleinen Luftkessel. Aus dem Letztern tritt der Luft durch eine etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser hält und mit einem vollkommen gedichtet ist. In seiner Mitte befindet sich eine spiralförmig gewundene Feder aus Draht, welche nach dem Brechen und das Eindringen der Luft wirkt. Der Schlauch mündet in der Decke im Mittelpunkt derselben, wo er auf eine Messingröhre gezogen ist. Die untere Mündung ist durch ein Ventil geschlossen, welches durch einen Hebel die Öffnung gedrückt wird. Die Spannung der Luft muß daher so groß sein, daß sie

der Feder überwindet. Dieses Ventil verhindert aber
 den Ausstrom der Luft aus der Glocke und sonach die Anfüllung
 mit Wasser, falls der Schlauch irgendwo undicht werden
 sollte. Die in der Glocke enthaltene Luft genügt aber für längere
 Zeit bei zufälligem Bruch des Schlauchs, der sich in der
 Nähe der Pumpen sogleich zu erkennen giebt, keine Gefahr
 weiter entsteht, doch muß in solchem Falle die Glocke
 gehoben werden.

Fig. 140 zeigt die Aufstellung der Taucherglocke bei
 der Vergrößerung des verlängerten Hafendamms in Sunderland, der im
 Jahre 1841 ausgeführt wurde. Eine Eisenbahn ruhte auf zwei
 Wagen, die von Pfählen und Böcken unterstützt wurden.
 Der vordere Wagen, der die Glocke trug, war mit einer hohen und geräu-
 ften Rüstung versehen, in welche
 die Glocke hineingewunden wurde, um den Wagen über die Quer-
 schienen der Bahn fortzuschieben. Die Windevorrichtung mit
 Hand- und Bremsrade an der Kurbel befand sich auf
 dem vorderen Wagen. Dagegen trug ein zweiter Wagen die Luftpumpe,
 die weiter zurückgestellt, beim Sinken der
 Glocke zugleich mit den darauf befindlichen Arbeitern nach
 unten weiter vorgerückt, damit der Schlauch, wenn auch nicht
 ganz gespannt, doch immer nahe ausgezogen blieb, und sonach
 ohne Verschlingung und keine scharfe Biegung darin entstehen.
 Die Pumpe bestand aus zwei 9 Zoll weiten Stiefeln, die
 einen Kolben betrug 15 Zoll. Sechs Mann arbeiteten ohne
 Unterbrechung an der Pumpe, und man sah fortwährend die Blasen
 in großer Menge an der Stelle vortreten, wo die Glocke versenkt
 wurde. Die Luft so reichlich zugeführt wurde, daß sie unter
 der Glocke abfloß.

Die Glocke wurde jedesmal in Thätigkeit gesetzt, sobald die
 Barken den Hafen eingelaufen war, weil in dieser Zeit das Wasser
 die größte Klarheit hatte, und sonach die Arbeiter am besten sehen
 konnten.

Gemeinhin blieb die Glocke zwei Stunden unten, doch
 die Dauer des Aufenthalts unter Wasser, so oft es nöthig
 war, wurde ähnlich und sogar bis auf fünf Stunden ausgedehnt, ohne
 daß selbst in diesem Fall für die Arbeiter der geringsten
 Gefahr besorgt wurde. Die Glocke hatte für 4 Arbeiter Raum, doch
 waren jedesmal nur drei herab, weil sie sich sonst bei dem

Versetzen der Steine und den andern hier vorkommenden Verrichtungen gehindert hätten. Diese bestanden aber theils im Planiren des Grundes, also im Bearbeiten des gewachsenen Felsbodens, theils im Lösen der Steinklauen, woran die Werkstücke herabgelassen waren, im Einstellen der letztern, und theils im Füllen der Stosfugen mit Mörtel, während man für die folgenden Steinschichten auch das Mörtelbette unter der Taucherglocke vorbereitete. Die Winde, woran die Werkstücke herabgelassen wurden, stand gleichfalls auf einem Wagen auf derselben Eisenbahn und die Steine wurden damit so sorgfältig versetzt, daß sie gemeinhin durch die in der Taucherglocke herabgehenden Arbeiter nur wenig verschoben werden durften. Uebrigens erstreckte sich die Arbeit unter der Taucherglocke nur auf einige Stein-Schichten, indem die folgenden schon während des niedrigsten Wasserstandes der Ebbe versetzt werden konnten.

In andern Fällen, wie dieses z. B. beim Bau des großen Hafendamms bei Dover geschah, hängt man die Taucherglocke an einen Lauf- oder Rollkrahnen (§ 4), wodurch man Gelegenheit hat, sie nicht nur vor- und rückwärts, sondern auch beliebig seitwärts zu bewegen. Man erreicht hierbei den wesentlichen Vortheil, daß die in der Glocke befindlichen Arbeiter die Signale zur passenden Bewegung der letztern geben, so daß die Glocke genau über dem herabgelassenen Block schwebt. Letzterer wird alsdann an den Haken in der Glocke gehängt, mit ihr gehoben und sehr scharf an die richtige Stelle gebracht. Das Heben des Steins ist aber nicht schwierig, so lange er nicht in die Glocke tritt, sondern ganz im Wasser hängt, wobei er nahe die Hälfte seines Gewichts verliert.

Wenn man mit der Glocke tauchen will, so fährt man in einem Boote unter dieselbe, und nachdem sie soweit herabgelassen ist, daß sie nahe den Rand des letztern berührt, kann man mit Bequemlichkeit hineinsteigen. Beim Einsinken in das Wasser empfindet man, wie schon erwähnt, Ohrenschmerzen, die jedoch aufhören, sobald die Luft im Innern des Körpers in dieselbe Spannung wie die äußere versetzt ist. Diese Ausgleichung wird durch kräftiges Athmen, besonders auch durch Gähnen beschleunigt. Bei sehr langsamem Herablassen der Glocke zeigt sich diese Unbequemlichkeit nur in geringem Maasse, besonders wenn man den Körper schon daran gewöhnt hat. Beim Aufsteigen verursacht aber

derung des Luftdrucks gleichfalls Unannehmlichkeit. Sobald die größte Tiefe erreicht und einige Minuten daselbst ist, hört der Schmerz auf. Die Arbeiter sind auch immer willig, mit der Taucherglocke herabzugehn, da man eine Lage dafür zu geben pflegt.

Der Vorzug dieser eisernen Taucherglocken liegt darin, mit dem Hammer dagegen geführter Schlag, selbst aus der Tiefe, über dem Wasser deutlich gehört wird. Man kann, wenn man einmal oder zweimal u. s. w. aufschlägt, leicht Zeichen geben, die sich am häufigsten wiederholen. Jeder Schlag bedeutet gewöhnlich „mehr Luft“, und das schnelle Anschlagen bezeichnet irgend eine Gefahr, worin der Taucher befindet, worauf die Glocke schleunigst aufgedrückt wird. Durch zwei, drei, vier Schläge kann man das Zeichen für Bewegungen aufwärts und abwärts, vor und zurück, rechts und links geben. Für alle andern Fälle dient wieder die Schreibtafel. Der oben stehende Aufseher hat eine dünne Leine um den Hals und hält außerdem eine zweite in der Hand. Beide Leinen sind durch die Wand der Glocke hindurchgezogen. Die erste Leine ist mit der kleinen Glocke befestigt und die andere hängt daneben. Wenn man sich eine Nachricht mittheilen will, so schreibt man selbige auf die Tafel und befestigt dieses an die zweite Leine. Man drückt dann an der ersten, und diese Bewegung, je nachdem sie von dem Taucher in der Taucherglocke befindlichen Arbeitern oder vom Aufseher ausgeht, fühlt entweder der Aufseher unmittelbar, oder die kleine Glocke erklingen, worauf die zweite Leine angedrückt wird, wodurch das Täfelchen mit der Nachricht herübergegeben wird.

Die Taucherglocke ist sehr vielfach angewendet, und an vielen Orten dieses jahrelang geschehn, so oft die Witterung es erfordert, desto weniger sind nur wenig Unglücksfälle bekannt geworden. Ein solcher ereignete sich in Sheerness. Die Arbeiter, die in der Taucherglocke waren, trafen nämlich ihr Rand auf einen Pfahl im Wasser. Die Arbeiter irrten sich mit dem Zeichen und gaben das Signal zum Heben, sondern zum weitem Herabgehen. Dieses wurde befolgt, die Glocke schlug um und zwei Arbeiter kamen an, während der dritte auftauchte und gerettet wurde. Die Taucherglocke, die man versuchsweise von einem Schiff bei

Blackwall herabliefs, wurde schlecht bedient und wahrscheinlich nicht mit Luft versehen. Als die Gefahr des Erstickens augenscheinlich war, schwamm ein Arbeiter mit grofser Geistesgegenwart unter dem Rande der Glocke hindurch und brachte die Nachricht von der Gefahr, worauf seine Kameraden noch gerettet wurden.

Eine eigenthümliche Gefahr soll beim Herablassen der Glocke in starker Strömung und noch mehr während des Wellenschlags entstehen, indem sie alsdann in heftige pendelartige Schwingungen versetzt wird, und beim Berühren eines felsigen Grundes zerbrechen kann. Unter solchen Umständen darf indessen überhaupt nicht getaucht werden. In Sunderland wurde die Glocke nie herabgelassen, sobald ein stärkerer Ostwind eintrat. Man kann aber jener Bewegung einigermaafsen dadurch begegnen, dafs man die Glocke an drei Ketten hängt, deren Befestigungs-Punkte nicht in eine gerade Linie fallen, vielmehr möglichst gleich weit von einander entfernt sind.

§. 56.

Der Taucherschacht.

Sind die Arbeiten nur in geringer Tiefe unter Wasser auszuführen, so läfst sich die Glocke bequem mit einem Schiff verbinden, wodurch ihre Aufstellung sehr vereinfacht wird. Man erreicht dabei auch den Vortheil, dafs man der Glocke bedeutend gröfsre Dimensionen geben, also mehr Arbeiter darin anstellen kann.

Die erste Idee zu einer solchen Verbindung, die man ein Taucherschiff oder einen Taucherschacht nennt, rührt von Coulomb her. Die Academie zu Rouen hatte als Preisaufgabe die Beantwortung der Frage gestellt, wie die Felsen im Bette der Seine bei Quilleboeuf beseitigt werden könnten. Coulomb empfahl bei Lösung dieser Aufgabe im Jahr 1778 ein solches Taucherschiff, dessen Einrichtung den dortigen Localverhältnissen entsprechend, er speciell angab. Der Preis wurde ihm zwar zuertheilt, doch wurde damals von dieser Erfindung kein Gebrauch gemacht. Nichts desto weniger ist die Anordnung, auf die man später vielfach zurückgekommen ist, mit solcher Ueberlegung getroffen, dafs sie nicht mit Stillschweigen übergangen werden darf, und dieses um so

haben die ununterbrochne Zuleitung von comprimirter Luft wurde, während man damals den Taucherglocken die Luft in Fässern zuführte. *)

Auf Taf. XXIX. zeigt die Ansicht des Schiffs mit dem Taucherschacht. Das erste ist 25 Fuß lang, 10 Fuß breit, das zweite 13 und an den Enden 11 Fuß hoch. Die beiden Schächte sind von dem mittleren durch wasserdichte Wände getrennt, so daß sie nicht nur an sich schwimmen, sondern auch unabhängig von einander arbeiten können. Der Schacht ist unten offen und oben mit einer eisernen Decke versehen. In dieser Decke befinden sich zwei Oeffnungen. Eine größere, das Mannloch, dient zum Ein- und Aussteigen der Arbeiter und wird durch einen Rahmen, in welchen die Arbeiter eingesetzt sind, geschlossen. Durch eine zweite Oeffnung führt eine enge, mit einem Hahn versehne Röhre. Man schließt den Hahn, um die comprimirte Luft herauszulassen, wenn man bei Beendigung der Arbeit geöffnet werden soll. Der Schacht steht endlich mit einem Blasbalg in Verbindung, auf der Glocke aufgestellt ist und während der ganzen Dauer der Tauchung von 6 Mann in Wirksamkeit erhalten wird. Der Aufseher hat seinen Platz auf dem Schacht, und zwar neben den Oeffnungen, durch welche er die Arbeiter übersieht, auch durch diese Oeffnungen lautes Sprechen sich mit ihnen verständigen kann. Bei der Ebbe sollte das Schiff über die zu beseitigenden Gegenstände nicht werden, so daß es sich noch vor Eintritt des Fluths auf dem Grund stellte. Nunmehr mußten die Arbeiter aussteigen, und nachdem durch die eindringende Luft das Schiff aufgedrängt, sollten die Verrichtungen beginnen, die so lange fortgesetzt würden, bis die Fluth das Schiff hebt, welches dann zu einem sichern Zufluchtsort in der Nahe gebracht werden konnte.

Dieser Vorschlag blieb lange Zeit hindurch unbeachtet, bis er erst später mit sehr günstigem Erfolg Anwendung fand.

Am Croisic, nordwärts von der Mündung der Loire, am westlichen Ufer der Halbinsel, besteht aus einem großen Felsenblock.

Die Beschreibung ist in den *Mémoires de l'Académie des sciences* 1779 enthalten, sie wurde auch ins Deutsche übersetzt unter dem Titel: Beschreibung eines Luftkastens. Posth 1821.

Bassin von 2700 Morgen oder mehr als ein Achttheil Quadratmeile und ist durch eine von Norden ausgehende Landzunge gegen Wellenschlag geschützt. Die Einfahrt unmittelbar neben dem südlichen Ufer war indessen nur zur Zeit des Hochwassers zu benutzen, weil der Granit in unregelmässigen Kuppen sich stellenweise bis 10 Fuß über Niedrigwasser erhob, und die dazwischen liegenden tiefern Rinnen so enge und gekrümmt waren, daß sie nur beim Aufhören der Strömung, also in der kurzen Zeit der Kenterung des Wassers von größern Schiffen innegehalten werden konnten. Die Strömungen beim wachsenden oder fallenden Wasser waren aber so stark, daß sie zeitweise die Geschwindigkeit von 10 Fuß erreichten. Bei mittlern Springfluthen beträgt der Fluthwechsel 16 Fuß.

Im Jahr 1839 wurde beschlossen, die Einfahrt bis 3 Fuß unter gewöhnlich Niedrigwasser zu vertiefen, wobei 816 Schachtrüthen Felsen zu sprengen waren. Es fand sich ein General-Unternehmer für diese Arbeit, der zugleich an der Südseite der neuen Fahrrinne einen Hafendamm ausführen sollte. Letztrer wurde auch ohne Schwierigkeit erbaut, als aber 1841 mit dem Sprengen der Felsen begonnen wurde, ließen gleich die ersten Versuche wenig Erfolg erwarten. Bei den überaus heftig eintretenden Strömungen mußte das Bohren bald unterbrochen werden, und wenn man auch die angefangnen Bohrlöcher beim Aufhören der Arbeit verstopfte, so fand man sie doch später mit Sand und Kies angefüllt. Dazu kam noch der sehr starke Verkehr mit Fischerböten und größern Fahrzeugen, der nur zur Zeit des niedrigsten Wassers aufhörte. Bei unruhiger See konnte aber auch diese Zeit nicht benutzt werden, und wenn es endlich gelang, Schüsse einzubringen, so war die Wirkung derselben sehr geringe, indem bei der klüftigen Beschaffenheit der obern Lagen das Gas vielfache Spalten fand, durch welche es entwich, ohne das Gestein so zu zertheilen, daß man die einzelnen Stücke fassen konnte.

Unter diesen Verhältnissen wurde der Vertrag mit dem Unternehmer aufgehoben und dem Ingenieur de la Gournerie die Ausführung übertragen. Derselbe setzte zunächst die Versuche zum Sprengen in gewöhnlicher Art fort. Gegen die im Anfange der Fluth oder am Ende der Ebbe beim Bohren benutzten Böte wurden aber die Fischerböte durch den Strom getrieben und es entstand eine augenscheinliche Gefahr für die Arbeiter, so daß sich ergab,

im ganzen Jahr nur etwa 10mal bei Niedrigwasser die mit Sicherheit vornehmen. Man stellte eiserne Stangen mit Löchern und erbaute auf diesen Rüstungen über Wasser, solche wurden von den gegenstoßenden Fahrzeugen bald während andererseits die Klagen über Störung und Gefährdung der Schifffahrt allgemein wurden. In dieser Weise setzte man einige Jahre hindurch fort. Der Cubikfuß gelöstes und Gesteins kostete mit Einschluß der Anlagekosten 1 Thlr. Der größte Uebelstand war aber, daß die Arbeit nur langsam fortschritt, also ein andres Verfahren gewählt wurde.

Benutzung der Taucherglocke verbot sich, weil dieselbe schiffen, woran sie herabgelassen werden sollte, nicht immer bequem zu besorgen war, auch weil nur 2 bis 3 Arbeiter bestellt werden konnten. In dieser Verlegenheit ging man zum Taucherschiff über. Manche Aenderungen wurden des Gebrauchs darin eingeführt; hier mag dasselbe nur in dieser Einrichtung beschrieben werden.

Das Schiff war ganz aus Eisen erbaut, 29 Fuß lang, 13 Fuß breit, 8 Fuß hoch. An beiden Enden war es halbkreisförmig.

In der Mitte befand sich die Glocke oder der Taucherschacht, der 12 Fuß lang und 9 Fuß breit war. Denselben umgab an beiden Seiten ein Ballastraum von 2 Fuß Breite, worin theils Ballast lag, theils aber auch Wasser eingelassen werden konnte. Dieser unten cylindrisch abgerundete Raum trat 1 Fuß über den Boden des Schiffs vor, so daß er beim Herabsinken sich selbst aufstellte. Der Taucherschacht ragte 3 Fuß über die Decke des Schiffs hinaus, und in seiner Decke befand sich das zum Aufsteigen. Der Ballastraum war aber gleichfalls luftdicht schließenden Decke versehen.

Da das Wasser bei der Ebbe so tief gefallen war, daß die Arbeiter auf dem Grund gearbeitet werden sollte, nur noch 7 Fuß unter dem Wasserspiegel lagen, so fuhr das Schiff darüber, und indem man den Ballast einließ, so stellte es sich auf den Grund. Da es wegen der Unregelmäßigkeit desselben keinen sichern Stand zu besorgen war, daß es ohne anderweite Unterstützung in irgend einer Weise durchbiegen möchte, so wurden an einem Ende und am andern 5 starke eiserne Stangen, die in Führungen

sich auf und ab bewegen ließen, auf den Grund gestellt und festgeschoben. Nunmehr stiegen die Arbeiter, gewöhnlich 9 Mann, durch das bisher noch offene Mannloch in den Schacht, und zwar auf einen Rost, der 4 Fuß unter der Decke und in dieser Zeit gewöhnlich 1 Fuß unter Wasser lag. Sie mußten also zunächst in gebückter Stellung im Wasser stehn, wie letzteres aber herabgedrückt wurde, konnten sie bequem auf dem Roste sitzen. Sobald das Mannloch gehörig verschlossen war, setzte die auf Deck stehende Dampfmaschine die Luftpumpe in Bewegung, und dadurch wurde der Wasserstand gesenkt bis zum untern Rande des Schachtes oder dem Boden der Ballasträume. Der Rost lag 7 Fuß über dem letztern, die Arbeiter konnten also auf dem Felsgrunde aufrecht stehn. Licht empfingen sie durch 16 starke Gläser in der Decke des Schachtes, und dieses drang ziemlich ungeschwächt durch den Rost hindurch. Bei Arbeiten in der Nacht wurden aber 4 Lampen angezündet. Die Arbeitszeit dauerte ungefähr 3 Stunden, und der Aufenthalt im Schacht war keineswegs unbequem oder nachtheilig, da der Ueberdruck nur ungefähr $\frac{1}{4}$ Atmosphäre betrug.

Die Arbeit bestand theils im Lösen und Heben der getrennten Blöcke, und diese wurden auf den Rost gelegt, theils aber im Bohren der Löcher, worin später Patronen eingesetzt werden sollten. Diese Löcher konnte man nunmehr sehr sicher durch passende Stöpsel verschließen.

Stieg das Wasser so hoch, daß die Schifffahrt begann und das Taucherschiff geborgen werden mußte, so begaben sich die Arbeiter wieder auf den Rost. Die comprimirte Luft wurde aber nicht aus dem Schacht frei ausgelassen, sondern man stellte durch Oeffnen eines Ventils die Verbindung des Schachtes mit dem Ballastraum dar, und die hier eintretende Verdichtung der Luft trieb einen großen Theil des in letzterm befindlichen Wassers durch eine Steigeröhre heraus. War dieses geschehn, so pumpte die Maschine den Rest des Wassers aus, während die gehobnen Steine, auch wohl, wenn es nöthig war, der Eisen-Ballast, in Lichter-Fahrzeuge gebracht wurde, um das Schiff möglichst zu erleichtern.

Die Patronen mit der Pulverfüllung wurden nicht im Schacht eingesetzt, sondern während des niedrigen Wassers zur Zeit der Springfluth, wo dieses sich leicht aus freier Hand thun ließ, und aladann wurden alle Schüsse in den Löchern, die in der Zwischen-

obrt waren, möglichst gleichzeitig entzündet. Der Granit in größter Tiefe eine mehr compacte Masse. Ohne Rück-
 auf die Anschaffung des Taucherschiffs kostete dabei die Be-
 ag von 1 Cubikfuß Felsen durchschnittlich nur $7\frac{1}{2}$ Sgr *)

in Erbauung des großen Wehrs im Nil, an der Stelle, wo
 sich in die beiden Arme spaltet, die bei Rosette und
 ihren Abfluß finden, wurde etwa 10 Jahre später ein
 erschiff benutzt. Dasselbe diente zur Ausführung des Mauer-

Es hatte viel größte Dimensionen und war auch mit
 neuen Einrichtungen versehen, welche die Benutzung wesent-
 licher. Das Schiff war 105 Fuß lang und 33 Fuß breit
 schacht, der 100 Quadratfuß im horizontalen Querschnitt hielt,
 nicht mit dem Schiffe fest verbunden, sondern konnte bis
 unter den Boden desselben versenkt werden. Um ohne
 Brechung der Arbeit die nöthigen Materialien hineinzubringen,
 um zugleich den Ein- und Ausgang für Personen zu ermög-
 , war er mit einer Luftschleuse versehen, wie solche im
 theil dieses Handbuchs § 8 und § 50 beschrieben ist. In
 Schacht befanden sich zuweilen gleichzeitig bis vierzig
 der **)

Auch bei den Sprengungs-Arbeiten am Rhein im Co-
 Regierung-Bezirk, von denen oben (§ 53) die Rede war,
 beständig mehrere Taucherschiffe oder vielmehr solche
 zeuge benutzt, die mit einem Taucherschacht versehen sind.
 Construction und Anordnung haben sie nach und nach
 Erfahrungen erfahren. Das neueste derselben, dessen Ma-
 nebat sonstigen Eisentheilen in der Kühnle'schen Maschinen-
 in Frankenthal erbaut wird, ist Taf. XXXI. Fig. 24b a in
 Seitenansicht, b in der Ansicht von oben und c im Querschnitt
 die Mitte des Schachtes dargestellt

Das in Holz gebaute flache Fahrzeug ist 90 Fuß lang,
 16 Fuß breit und in der Mitte mit einer quadratischen, rings um-
 wasserdicht abgeschlossenen Oeffnung versehen, in welcher der
 schacht längt und beliebig gehoben und gesenkt werden kann.

*) Vorstehende Mittheilungen sind entnommen aus den *Annales des ponts*
 1842. I pag 261.

**) *Fachner's allgemeine Bauzeitung* 1858 Jahrgang XXIII. Seite 109

Zur Feststellung des Schiffs dienen drei Ankerwinden, die auf dem Vordertheil stehn, und von denen zwei die Tauen der seitwärts ausgebrachten Anker anspannen, während mäßige Seitenbewegungen durch das Ruder ertheilt werden können. Die passende Stellung wird durch seitwärts ausgebrachte Schurbäume gesichert. Ein starkes hölzernes Gerüst, dessen Construction sich aus der Zeichnung ergibt, trägt den Schacht, und hinter demselben steht ein leichtes Gebäude, worin sich die Dampfmaschine, die Pumpe, das Räderwerk und eine kleine Werkstatt befinden.

Der Schacht, den Fig. 247 *a* im verticalen und *b* im horizontalen Querschnitt in größerm Maasstabe zeigt, ist in cylindrischer Form aus starkem Eisenblech zusammengenietet. Seine Höhe misst in der Seitenfläche 21 Fuß und sein Durchmesser $10\frac{1}{4}$ Fuß. Seine Decke, die ein Kugel-Segment bildet, erhebt sich in der Mitte 9 Zoll über den Rand. Der Fuß wird durch eine starke kreisförmige Schiene gebildet, an welche die Bleche ange Nietet sind.

6 Fuß unter der Decke befindet sich ein horizontaler Boden, der nur die Einsteige-Oeffnung in den untern Theil des Schachtes offen läßt. Ueber demselben sind zwei von einander getrennte Luftschleusen angebracht. Jede derselben ist mit je zwei einander gegenüberstehenden, luftdicht abzuschließenden Thüren von 4 Fuß Höhe und $1\frac{3}{4}$ Fuß Breite versehen. Im obern, wie im untern Raum befinden sich mehrere mit starkem Glase geschlossene kreisrunde Oeffnungen, welche in der Regel das erforderliche Licht einlassen. Eine senkrecht stehende Leiter führt bis zum Grunde herab, und der Leiter gegenüber kann unten noch eine Klappe niedergeschlagen werden, die wenig über dem Wasser schwebt. Außerdem sind darüber zwei starke Stangen hindurchgezogen, auf welche nach Bedürfnis Bretter gelegt werden, um darauf die ausgehobnen Steine abzulegen.

Ueber die Mittellinie des Schachtes ist ein starker eiserner Träger genietet, der sich zu beiden Seiten noch etwas fortsetzt, wie Fig. 246 *c* zeigt. An diesen sind die zwei Ketten befestigt, woran der Schacht hängt, und woran er auch, wenn er mit Luft gefüllt ist, tiefer in das Wasser herabgezogen werden kann. Damit er aber im letzten Falle sich nicht schräge stellt und aufschwimmt, so sind noch, wie Fig. 247 *b* zeigt, an zwei gegenüber-

enden Seiten je zwei mit vortretenden Rändern versehene Schienen angebracht, die von den Rillen der in Fig. 246 a dargestellten an der Rüstung befestigten Rollen gefaßt werden. Auf diese wird der Schacht in jeder Höhe sicher gehalten.

Eine der erwähnten Vaucanson'schen Ketten, deren Glieder wechselnd aus einer und zwei Scheiben bestehn, ist Fig. 246 a durch die starke Linie bezeichnet. Sie ist über drei Räder geführt, an sich die Daumen befinden, welche in die Glieder eingreifen. Das eine dieser Räder befindet sich im Maschinengebäude und wird mittelst zweier Vorgelege übereinstimmend mit demjenigen an der andern Seite liegenden durch die Dampfmaschine in einer oder der andern Richtung gedreht, wobei der Schacht sich langsam hebt oder sinkt. Die beiden andern Rollen dienen nur zur Ueberführung der Kette, sind aber gleichfalls mit Daumen versehen, welche in die Glieder eingreifen.

Ueber die Luftpumpe, die von der Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird, ist nicht zu erwähnen. Die comprimirte Luft tritt auf der Giebelseite des Hauses unter dem First durch einen flexiblen Schlauch den Luftschleusen gegenüber in den obern Theil des Schachts. Vor der Ausströmungs-Oeffnung befindet sich ein Ventil, das sich nur öffnet, wenn der Druck der zugeführten Luft stärker ist, als der im Schacht eingeschlossnen.

Die Arbeiter treten von dem Vordertheil des Fahrzeugs mittelst angestellter Leitern durch die Luftschleusen in den Schacht. Letzterer wird bis auf den Grund herabgelassen, doch trifft er nicht immer auf die passende Stelle, wo der Felsen bereits gesprengt ist. Er wird alsdann wieder etwas gehoben und das Fahrzeug nach den Signalen der Arbeiter vor oder rückwärts oder seitwärts bewegt, bis die zu hebenden Steine sich in der Mitte des Schachtes befinden. Man läßt aber den Schacht gemeinhin nicht unmittelbar auf dem Grunde aufstehn, sondern hebt ihn etwas, so daß er wenig darüber frei schwebt, weil er sonst auf den scharfen Steinen bei unvernünftlichen Bewegungen leicht beschädigt werden könnte. Von den abgesprengten Steinen liegen gewöhnlich nur einzelne so frei, daß man sie unmittelbar abheben kann, der größte Theil ist zwischen die umgebende Felsmasse noch fest eingeklemmt, und man muß mit Brechstangen die Stücke herauswuchten. Oft sind diese auch so schwer, daß sie sich nicht bequem forttragen

lassen, in welchem Falle sie noch zerschlagen werden müssen. Zunächst werden die ausgehobnen Steine auf die erwähnten Bretter gelegt, sodann auf den obern Boden des Schachtes und von hier in eine der Luftschleusen getragen, von wo man sie auf das Deck des Fahrzeugs bringt. Eine auffallende Erscheinung ist es, daß der Strom von der abgesprengten Masse nichts fortführt. Die am Ufer aufgeschachteten Steine stellen nach Abzug der darin befindlichen Zwischenräume sehr genau die im Strombett ausgehobne Masse wieder dar.

Zu den Taucher-Apparaten muß endlich noch eine Vorrichtung gezählt werden, die Thunberg beim Bau des Hafens von Carlsrona benutzte, mittelst deren man gleichfalls bis 20 Fuß tief herabsteigen und die Untersuchung des Meeresgrundes, so wie der unter Wasser ausgeführten Arbeiten vornehmen konnte. Dieser Apparat ist aber wesentlich von den Taucher-Apparaten verschieden, indem der verschlossene Raum durch einen wasserdichten Boden vom Meeresgrunde getrennt bleibt, und die Luft, die ihn füllt, mit der Luft an der Oberfläche des Wassers in Verbindung steht, und daher nicht stärker als diese gespannt ist. Ein hohes Faß ist unten mit einem Boden und über demselben mit Oeffnungen versehen, in welche Glasscheiben eingesetzt sind, wie Fig. 241 *a* in der Seitenansicht und im Durchschnitt und *b* im Grundriß zeigt. Seine ganze Höhe maas 23 Fuß und seine lichte Weite nahe 3 Fuß. Es war in gewöhnlicher Art aus hölzernen Dauben zusammengesetzt und mit starken eisernen Reifen umgeben. Zum Herabsteigen diente eine Leiter im Innern, deren Sprossen an die Wände genagelt waren. Nahe 4 Fuß über dem Boden waren vier starke Glasscheiben von der Größe eines Thalerstücks eingesetzt, durch welche man rings umher die Untersuchung vornehmen konnte. Der Apparat liefs sich indessen ohne Anwedung schwerer Gewichte weder tief versenken, noch auch sicher in der senkrechten Stellung erhalten. Zu diesem Zweck waren am untern Ende zwei starke Felgenkränze darumgelegt, zwischen welchen der in passender Form gegossne Eisenballast eingefügt wurde. Dieser wurde aber durch eine zweite Wand gehalten, die wieder aus Faßdauben bestand. Letztre war nur durch umgewundne Taue verbunden, da ein wasserdichter Verschluss hier entbehrlich war. Der Ballast wog gegen 8000 Pfund, doch legte man einen Theil desselben flach

den Boden, um nach Beendigung der Untersuchung den Apparat zu erleichtern, daß er sich hob und schwimmend auf andre Stelle gebracht werden konnte.

Thunberg benutzte zu gleichem Zweck noch ein andres Instrument, das auch später vielfache Anwendung gefunden hat. Dieses ist das sogenannte Wasser-Fernrohr, mit welchem man gleichwohl, jedoch nur in mäßiger Tiefe, die Untersuchung des Grundes und anderer Gegenstände unter Wasser vornehmen kann. Das Wasser ist nicht leicht so klar, daß man ohne besondre Apparate durchsehen und in einiger Tiefe noch die Gegenstände deutlich erkennen kann. Zuweilen ist dieses allerdings der Fall. So wird man beim Befahren der Seen, welche durch Gletscherwasser gespeist werden, überrascht von der Durchsichtigkeit des Wassers. Auf dem Königs-See im Salzburgschen kann man zuweilen die Außer tief unter Wasser deutlich verfolgen und ihre Formen genau kennen. Auch der Ocean besitzt, wenn er lange Zeit hindurch nicht durch Stürme aufgeregt war, diese Klarheit, so daß man abgeworfne Gegenstände, die niedersinken, mehrere Minuten hindurch in allen ihren Bewegungen deutlich wahrnehmen kann. Die Ströme, und namentlich die Gebirgsströme, die zur Zeit der Schneeschmelze aus klaren Bächen gespeist werden, lassen häufig in der Tiefe von 3 bis 5 Fuß noch deutlich den Grund erkennen. In der Nordsee ist diese Erscheinung sehr gewöhnlich, auch in der Mosel und Rheine bemerkt man sie zuweilen.


Im Allgemeinen kann man indessen ohne besondre Apparate nicht, oder doch nur in sehr mäßiger Tiefe die unter Wasser befindlichen Gegenstände erkennen. Zum Theil rührt dieses davon her, daß das Auge bei dem starken Licht, welches es aufnimmt, für die schwachen Eindrücke der weniger erleuchteten Gegenstände nicht empfänglich ist. Man kann aber leicht diese Empfänglichkeit wieder herstellen, wenn man das starke Licht der nächsten Umgebung abschließt. So gelingt es häufig, deutlich im Wasser durchzusehen, wenn man nur irgend eine Röhre mit dem untern Ende in das Wasser taucht und das Auge dicht über die Oeffnung legt. Lange das Auge noch von den frühern Eindrücken geblendet ist, sieht man freilich wenig, aber etwa nach einer Minute treten die Gegenstände scharf hervor. Ich habe auf diese Weise häufig auf 12 Fuß Wassertiefe den Grund am Rande der Ostsee deut-

lich sehn können, während es unmöglich war, ohne die Röhre irgend einen Gegenstand zu unterscheiden.

Das Wasser muß indessen schon sehr klar sein, wenn dieser Versuch gelingen soll, denn alle Körper, die im Wasser schwimmen, wie fein sie auch sein mögen, werden erleuchtet und absorbiren das Licht so stark, daß es in geringer Tiefe nicht mehr hinreichende Stärke hat, um die Gegenstände erkennen zu lassen. Ein andres, viel kräftigeres Mittel zur Erleichterung des Sehens unter Wasser besteht sonach darin, daß man Letztres nicht in die Röhre hineintreten läßt, durch welche man hindurchsieht, und zwar wird der Erfolg um so vollständiger sein, je dünner die übrig bleibende Wasserschicht ist, welche der Lichtstrahl durchdringen muß. Hierauf beruht die Einrichtung des Wasser-Fernrohrs. Thunberg construirte es aus Holz, wie Fig. 242 zeigt. Am untern Ende war es durch eine luftdicht eingesetzte, starke und reine Glasscheibe geschlossen, damit diese aber nicht etwa beim Gebrauch auf irgend einen Gegenstand gestossen und beschädigt würde, traten drei an das Rohr angebundene hölzerne Arme vor die Scheibe vor. Zum Herablassen diente endlich ein schwerer Bleiring.

Wenn man das Wasser-Fernrohr in strömendem Wasser benutzen will, so kann man es nicht füglich an dem über das Wasser vortretenden Theil sicher festhalten, man muß alsdann noch zwei an Charnieren befestigte Lenkstangen am untern Ende anbringen und diese durch zwei Arbeiter halten lassen. Diese Stangen müssen sich aber in zwei Ebenen bewegen, die sich nahe rechtwinklig schneiden.

Man pflegt gegenwärtig das Wasser-Fernrohr aus Blech zu construiren. In Frankreich hat man dabei noch die Aenderung eingeführt, daß die Glasscheibe nicht unten, sondern oben eingesetzt wird. Die geringre Gröfse, welche sie in diesem Fall erhält, ist zwar ein Vorzug, dagegen tritt hierbei das Wasser von unten in die Röhre und füllt sie zum Theil an, wodurch die Deutlichkeit leidet.



Zehnter Abschnitt.

Schiffahrts-Anlagen.

§. 57.

Die Flussschiffahrt.

Regulirung der Ströme hat häufig und sogar in den meisten keinen andern Zweck, als die Erleichterung und Ausdehnung Schiffahrts - Betriebes. Es ist daher von den Erfordernissen Schiffahrt bereits die Rede gewesen (§ 20), doch gehören dazu andre Anlagen und bauliche Ausführungen, die der eigent- Stromregulirung fremd sind, und daher besonders behandelt werden müssen.

Die Wichtigkeit der Flussschiffahrt bedarf keiner nähern Aus- lersetzung. Die Ströme sind natürliche Straßen, die das Land mit dem Meer verbinden, Die Kosten der Anlage und haltung der Stromregulirungswerke sind oft allerdings sehr tend, aber gemeinhin stellen sie sich als geringfügig heraus, man sie mit denen der sonstigen Communications-Mittel ver- t.

Der Umstand, daß die Schiffe, welche dem Strom folgen oder r Thalfahrt begriffen sind, keiner äußern Kraft zu ihrer gung bedürfen, ist nicht immer als Vorthail zu betrachten, ihre Zurückführung gegen den Strom oder die Bergfahrt is demselben Grunde um so beschwerlicher. Dazu kommt der Uebelstand, daß das Schiff, welches mit dem Strom treibt, nur wenig schneller bewegt, als das umgebende Wasser (§ 16), daher die Wirkung des Steuers sehr gering bleibt, so daß se Wendungen mit alleiniger Benutzung desselben sich nicht hren lassen. Soll es daher in der Thalfahrt durch ein ge- mtes Fahrwasser geführt werden, so muß man andre Mittel zen, die theils großen Kostenaufwand erfordern, theils aber zeitraubend sind.

Der Nachtheil des erschwerten Zuges bei der Bergfahrt verschwindet grossentheils in denjenigen Fällen, wo die Frachten sich nur in der Richtung des Stroms bewegen, oder die Schiffe leer heraufgehn. Dieses ist im Verkehr mit mineralischen Producten der gewöhnliche Fall. So gehn die Steinkohlen auf der Ruhr und Saar und das Salz auf der Traun immer stromabwärts. Auch Getreide, Holz und andre rohe Producte bewegen sich gemeinhin in der Richtung des Stroms oder nach dem Meer hinab. Das Holz wird aber in den meisten Fällen gar nicht in Schiffe verladen, sondern schwimmt zu Flössen verbunden, oder lose in einzelnen Scheiten den Fluß herab. Die Bergfahrt besteht im letzten Fall gar nicht. Doch auch beim Transport des Getreides tritt bei rohem Schiffahrtsbetriebe und auf grossen Strömen nicht selten ein ähnliches Verhältniß ein. Getreide, Hanf, Oel und andre Producte, die auf der Weichsel und auf dem Memelstrom aus Rußland nach den Preussischen Ostseehäfen herabkommen, sind grossentheils auf Fahrzeugen verladen, welche nur eine einzige Fahrt machen, und sobald sie den Seehafen oder die Grenze der Seeschiffahrt erreicht haben, zerschlagen und als Brennholz oder Bauholz verkauft werden. Auf der Duna geschieht dasselbe und zum Theil auch auf dem Mississippi.

Das wichtigste Erforderniß der Schiffahrt ist eine genügende Wassertiefe, und die Wohlfeilheit der Frachten ist vorzugsweise durch sie bedingt. Die Anlage- und Betriebskosten für grössere und kleinere Schiffe sind allerdings sehr verschieden, aber keineswegs in demselben Verhältniß, wie ihre Tragfähigkeit abnimmt. Daher kann ein grösseres und tiefer beladnes Schiff wohlfeiler transportiren, als ein kleineres, und man muß bei der Schiffbarmachung eines Stroms immer von der Absicht ausgehn, die Anwendung möglichst grosser und möglichst tief gehender Schiffe zu befördern. Es kommt hierbei aber natürlich nicht auf einzelne kürzere Strecken an, denn der Vortheil verschwindet, wenn stellenweise umgeladen, oder ein selten wiederkehrender höherer Wasserstand abgewartet werden muß. Es ist vielmehr nothwendig, daß auf dem ganzen Wege, welchen die Producte oder Waaren zurücklegen, ohne Ausnahme die erforderliche Wassertiefe vorhanden.

Auf den meisten Strömen findet die Schiffahrt bei gewissen höhern Wasserständen keine Hindernisse, wohl aber treten solche

von der anhaltenden Dürre ein. Zuweilen ist alsdann der Schiffsbetrieb auch ganz unterbrochen, wie auf der obern Ruhr oder Saar unterhalb Saarbrücken. In manchen Fällen und namentlich wenn es mehr auf wohlfeile, als auf schnelle Beförderung ankommt, pflegen die Schiffer auch bei kleinem Wasser große Kosten zu zahlen und höhere Wasserstände abzuwarten, weil wegen der längeren Dauer der Reise dennoch die Transportkosten sich dabei billiger stellen.

Die höchsten Wasserstände, wenn sie auch nicht mit den Schiffen zusammentreffen, sind für die Schiffahrt nicht nutzbar. Die Bergfahrt wird dabei durch die starke Strömung und durch die Überfluthung der Leinpfade sehr erschwert, und die Thalfahrt ist dann nicht nur wegen der Heftigkeit des Stroms, sondern auch wegen der weiten Verbreitung der Inundation mit vielfachen Gefahren verbunden, besonders, wenn die Ufer überfluthet werden, so daß man das eigentliche Strombett nicht mehr mit Sicherheit erkennen kann. Auch wird das Anhalten der Schiffe und das Anlanden derselben an die Ufer alsdann so beschwerlich und unsicher, daß man schon aus diesem Grunde sie dem Strom nicht überlassen kann.

Nur Dampfschiffe, deren Maschinen kräftig genug sind, um den Strom zu überwinden, setzen, wenn auch nicht beim allerhöchsten Wasser, doch während sehr hoher Wasserstände noch die Fahrt fort.

Im Allgemeinen ist die Schiffahrt wegen der zulässigen stärkern Strömung am vortheilhaftesten, wenn der Strom nahe bordsvoll ist, und die Ufer so eben noch trocken sind. Man darf aber nicht voraussetzen, daß die Schiffe in gleichem Maße um so tiefer betonen werden dürfen, als das Wasser steigt. Die stärkere Strömung verhindert nicht mehr das genaue Einhalten der tiefsten Rinne, und verflacht sich diese auch bei dem höhern Wasser. Gemeinhin läßt sich das Verhältniß annähernd in der Art heraus, daß bei jedem Steigen des Wassers um einen Fuß, der Tiefgang der Schiffe um einen Zoll vergrößert werden darf.

Auf nicht regulirten Strömen sind die Schiffe gemeinhin überaus stark gebaut, auch wohl mit doppelten Böden versehen, um das Festfahren auf Sand- und Kiesbänke und beim Aufstoßen auf Steine und Baumstämme nicht leck zu werden. Sobald eine Strom-Regulirung diese Gefahr beseitigt oder wesentlich

vermindert ist, hört auch das Bedürfnis der schweren Bauart auf und leichtere Schiffe finden Eingang, die an sich weniger tief eintauchen, und bei gleichem Tiefgang mehr laden, als die ältern. Die sogenannten Böcke, die in früherer Zeit auf der Weser ausschließlich benutzt wurden und auch jetzt noch daselbst im Gebrauch sind, tauchen leer 15 bis 18 Zoll, oder durchschnittlich 16 Zoll ein, und laden auf jeden Zoll Einsenkung etwa $1\frac{1}{2}$ Last. In neuerer Zeit hat dagegen eine andre Bauart Eingang gefunden, welche derjenigen der Lippe-Schiffe ähnlich ist. Letztere unterscheiden sich von den Böcken besonders durch grössere Breite und leichtern Bau. Sie gehen leer nur 10 Zoll tief und laden auf jeden Zoll Einsenkung ungefähr $2\frac{1}{2}$ Last. Bei der Einsenkung von 3 Fuß konnten daher die alten Schiffe nur 36 Last laden, während die neuern mit 62 Last befrachtet werden.

Durch Regulirung eines Stroms wird abgesehn von der Vertiefung des Fahrwassers noch auf andre Art die Vergrößerung der Ladungen zulässig. Eine stark gekrümmte und dabei zugleich enge Rinne kann nicht mit Sicherheit verfolgt werden. Namentlich ist dieses während der Thalfahrt der Fall, aber auch bei der Bergfahrt ist der Schiffer oft nicht im Stande, die tiefste Rinne inne zu halten, wenn dieselbe stark von der Richtung des Leinenzuges abweicht. Damit nämlich die Leine, die immer in derjenigen Richtung zieht, in welcher sie gespannt ist, das Schiff nicht gegen das Ufer treibt, muß das Steuerruder soweit umgelegt werden, daß das Schiff in jedem Augenblicke sich eben soweit vom Ufer entfernt, als es durch die Leine heranzogen wird. Hierdurch nimmt es häufig eine sehr schräge Stellung gegen den Strom an, die nicht nur einen verstärkten Zug bedingt, sondern auch eine große Breite des Fahrwassers erfordert, die oft nicht vorhanden ist. Dabei ist noch der Umstand von großer Wichtigkeit, daß das Schiff in solchem Fall durch die am Mast befestigte Leine sich seitwärts neigt. Der flache Boden, der beim freien Schwimmen horizontal ist und daher an beiden Seiten sich in gleicher Tiefe unter dem Wasserspiegel befindet, neigt sich zugleich mit dem Schiff stark seitwärts und taucht an der Seite, welche dem Leinpfade zugekehrt ist, 4 bis 6 Zoll tiefer ein, als bei horizontaler Lage. Hierdurch erklärt es sich, daß die Schiffer auf nicht regulirten Strömen die

menge weniger tief beladen, als die vorhandne Wassertiefe zu erlauben scheint.

Wird somach die Regulirung eines bisher sich selbst überlassen Stroms vorgenommen, so vergrößert sich der nutzbare Tiefgang der Schiffe in dreifacher Beziehung. In Folge der verbesserten Art der Schiffe und der Richtung der Fahrtrinne gewinnt man einen vollen Fuß, und wenn außerdem die Wassertiefe in der Fahrtrinne sich noch vergrößert, und auf den flachsten Stellen vielleicht um einen halben Fuß zunimmt, so stellt sich ein Resultat heraus, welches den entschiedensten Einfluß auf die Schifffahrt und Frachtsätze äußert. Der erste Beginn einer Stromregulirung führt noch gemeinhin zu günstigen und zuweilen sogar zu übersehenden Erfolgen zu führen. Doch haben diese im Allgemeinen sehr bestimmten Grenzen und lassen sich nicht entfernt so weit ausdehnen, als die Anforderungen des Publicums gehn. Die Wassermenge, die der Strom abführt, läßt sich nicht vergrößern, aber die Darstellung und Erhaltung beliebiger Tiefen durch die Stromung unmöglich ist (§ 20).

Die hinreichende Tiefe ist indessen nicht das einzige Erforderniß eines sichern und bequemen Fahrwassers. Außerdem muß dasselbe gehörige Breite haben und von scharfen Krümmungen frei sein. Endlich aber dürfen darin keine zu starke Stromschnellen vorkommen. Nicht selten vereinigen sich an einzelnen Stellen diese sämtlichen Mängel, und die Abhilfe ist alsdann am schwierigsten. Wenn die seitwärts eintretenden Nebenflüsse vor ihren Mündungen hohe Sand- und Kiesbanke aufwerfen, so ist die Fahrtrinne bei kleinem Wasser gemeinhin gekrümmt und flach, und auch sehr schmal. In Folge dieser Beschränkung des Profils kann die ganze Wassermenge des Stroms nicht hindurchfließen, und davor hoch anzuschwellen, bis die entsprechende Geschwindigkeit sich darstellt. Auf diese Art entsteht das starke Gefälle und die schnelle Strömung, wodurch die Bergfahrt erschwert und die Abfahrt gefährdet wird. Besonders wird die Gefahr sehr groß, wenn Felsbanke in solchen Stromschnellen liegen oder felsige Ufer vortreten. Es ist bereits oben (§ 27) erwähnt worden, wie unter solchen Umständen für Erleichterung der Schifffahrt gesorgt werden muß. Dabei ist jedoch immer auf die passende Lage des Leinwands Rücksicht zu nehmen.

In manchen Fällen stellt man den zum Schiffahrts-Betrieb, und zwar vorzugsweise für die Thalfahrt, erforderlichen Wasserstand nicht dauernd, sondern nur für sehr kurze Zeit dar, indem am dem Oberwasser einer Mühle oder einer sonstigen Stau-Anlage plötzlich ein starker Erguß erfolgt, der eine hohe Fluthwelle erzeugt. Diese hebt die zur Abfahrt bereit liegenden Schiffe, und indem sie stromabwärts fortschreitet, so reißt sie die Schiffe mit sich, und letztere finden die erforderliche Fahrtiefe, so lange sie sich auf dem Scheitel der Fluthwelle halten.

Zur Erleichterung der Holzflösserei sind dergleichen künstliche Anschwellungen auch in Deutschland üblich, in manchen Gegenden beruht darauf die Flösserei sogar ausschliesslich. Im Schiffahrts-Interesse ist dieses Verfahren bei uns ziemlich selten, weil dessen Benutzung nur unter besondern Umständen möglich ist. Zunächst muß nämlich der Frachtverkehr nur stromabwärts gerichtet sein, sodann muß eine Stau - Anlage bestehn, durch welche man bei kleinem Wasser die Zuflüsse ansammeln und plötzlich dem Strom zuweisen kann, auch muß das Bett in der ganzen zu befahrenden Strecke ziemlich geschlossen bleiben, da bei großer Verbreitung desselben die Anschwellung nicht mehr die erforderliche Höhe erreichen würde. In Preussen giebt es ein Beispiel von dieser Art des Schiffahrts-Betriebs. Die Berkel ist von Vreden bis zum Niederländischen Grenze so unbedeutend, daß man ihre Beschiffung kaum für möglich halten sollte. Der gänzliche Mangel an fahrbaren Straßen und der Werth der nach Holland in großer Menge gehenden Waaren, vorzugsweise Töpferwaaren, die in Vreden und der Umgegend fabricirt werden, haben indessen seit langer Zeit das in Rede stehende Mittel versuchen lassen, und es wird von demselben regelmäfsig mehrmals im Jahre Gebrauch gemacht. In neuerer Zeit ist durch die Anlage einer Stauschleuse der Verkehr etwas erleichtert. Ich will mit der Beschreibung des früher hier üblichen Verfahrens den Anfang machen, doch ist es nothwendig, die localen Verhältnisse, soweit sie hierbei in Betracht kommen, vorher anzuzeigen.

Bei Vreden liegt eine bedeutende Mühle, die von der Berkel betrieben wird und etwa 12 Fuß hoch das Wasser aufstaut. Weiter unterhalb, bis zur Niederländischen Grenze, befindet sich keine Mühlen-Anlage an diesem Fluß. Das Bett der Berkel ist 16 bis

erweitert auch wohl 24 Fuß breit und, wo es nicht höhere führt, etwa 3 Fuß im Wiesengrund eingeschnitten. Der gewöhnliche Wasserstand darin beträgt weniger als 1 Fuß und meist die Tiefe nur einige Zolle. Für die Regulirung dieses war bisher nichts geschehn, woher derselbe fortwährend Störungen unterworfen blieb. Die Ufer sind überall sandig. Bei der Anfall des Stroms sie trifft, stürzen sie ein, aber in dem Maße bildet sich gegenüber auch Verlandung, woher die Flut keine dauernde Veränderung erleidet. Die Niederländische Flut ist etwa 1½ Meilen von Vreden entfernt, und das Gefälle beträgt für diese Strecke nahe 40 Fuß. Nicht weit unterhalb der Flut bei Koberge befindet sich eine Stauschleuse, welche bis zur Flutgrenze zurücksteht, woher die Schiffe von hier ab hinreichendes Fahrwasser antreffen.

Die Schiffe sind ziemlich roh mit senkrechten Seitenwänden in derselben Form gebaut, wie man sie in den südlichen Provinzen von Holland auf kleinen Gewässern gewöhnlich sieht, und ohne das Steuer 36 Fuß lang, an der Stelle, wo der Mast steht, 7 Fuß breit, doch ist die Breite der hintern Hälfte bedeutend geringer. Sie tauchen, wenn sie beladen sind, etwa 2 Fuß ein und laden alsdann gegen 200 Centner.

Diese Fahrzeuge hebt man, nachdem sie zur Zeit des höheren Wassers bis Vreden zurückgebracht sind, aus dem Flußbett, und stellt sie neben demselben auf den Wiesengrund auf. Sie werden beladen, da sie im Flußbett doch nicht schwimmen würden, sonach daselbst mehr, als auf der Wiese leiden könnten, wo für ihre gleichmäßige Unterstützung sorgen kann. Sobald nun bis vierzig Schiffe in dieser Weise beladen sind, wird dem Herrn das Wasser einer Schlenkung abgekauft. Er öffnet an dem zur Abfahrt bestimmten Tage Morgens die Freiarche und läßt eine Stunde hindurch das Oberwasser abfließen. Am Abend werden gegeben sich alle Schiffer, deren Zahl nur halb so groß ist, als der Schiffe, an eine nicht weit abwärts belegne Stelle des Thals, wo dasselbe besonders enge ist und zu beiden Seiten höhern Ufern eingeschlossen wird. Diese Stelle des Thals ist gesperrt. Eine Bohle, die man auf die hohe Kante legt, bildet zuerst das Bett. Rasen werden zu beiden Seiten dagegen aufgeschüttet, und wenn die Packung hinreichende Höhe hat, so legt

man auf die erste Bohle eine zweite, packt wieder Rasen davor und schüttet auch wohl Sand dagegen, bis man einen Damm von 5 bis 6 Fuß Höhe dargestellt hat, der nicht nur das Flußbett, sondern auch das Thal sperrt. Indem der Abfluß des Wasser auf solche Art gehemmt wird, so fängt schon während der Nacht einige Stauung an, doch erreicht sie erst die nöthige Höhe, wenn am Morgen die Schütze der Freiarche geöffnet werden. Die ganze Wiese bis zum Damm verwandelt sich in einen See, und die Schiffe, die darauf stehn, fangen an zu schwimmen. Man schiebt sie möglichst schnell und möglichst nahe zusammengedrängt gegen den Damm, und sobald sie sich demselben nähern, wird er durchstoßen und von dem überstürzenden Wasser auch sogleich zerstört. Der heftige Strom, der sich bildet, reißt die Schiffe mit sich fort, und es kommt darauf an, sie immer im Treiben und im stärksten Strom zu erhalten. Ein Schiff, das vielleicht festfährt, ist gewöhnlich nicht mehr schnell genug flott zu machen, es wird daher sogleich verlassen und bleibt auf der trocknen Wiese stehn, bis es nach mehreren Wochen oder Monaten bei der nächsten Schleusung seine Reise fortsetzen kann.

Aehnlich ist der Schiffahrtsbetrieb auf manchen kleinen Flüssen in Frankreich, doch wird derselbe hier durch die beweglichen Wehre wesentlich erleichtert. Letztere sind in solchen Abständen von einander ausgeführt, daß der Stau eines jeden die für leere Schiffe erforderliche Tiefe in der nächsten obern Flußstrecke darstellt, wodurch die Möglichkeit geboten wird, leere Schiffe wieder heraufzubringen. In Zwischenzeiten von zwei bis drei Wochen wird gewöhnlich eine Fluthwelle herabgelassen oder eine Schleusung (écluse) bewirkt, indem man alle Wehre nach und nach öffnet. Die sämtlichen Schiffe, welche die Fahrt machen sollen, müssen gleichzeitig zur Abreise fertig sein, alsdann spannt man in der obersten Haltung das Wasser durch vollständigen Verschluss des Wehrs einen oder mehrere Tage hindurch an, bis die Schiffe schwimmen und gegen das Wehr geführt sind. Dieses wird alsdann geöffnet und die Schiffe treten mit der Fluthwelle zugleich in die zweite Haltung. Die daselbst befindlichen Schiffe vereinigen sich mit ihnen und nähern sich dem zweiten Wehr, das alsdann gleichfalls geöffnet wird und so fort. Hierbei findet der große Vortheil statt, daß die Fluthwelle nicht ununterbrochen und gleichmäßig

halten, sondern bei jedem Wehr angehalten wird, und sonach den zurückbleibenden Schiffe Gelegenheit haben, die übrigen einzuholen.

Soll man größere Kosten auf die Anlage verwenden, so läßt man für die Schiffahrt erforderliche Wasserstand dauernd bestehen, wenn man Wehre in solcher Höhe auführt, daß der Theil des Gefälles durch sie aufgehoben wird. Alsdann führt man zur Seite jedes Wehrs eine Schiffschleuse oder sonstige Vorrichtung zur Überwindung des Gefälles angebracht werden. In dieser Art die einzelnen Stromstrecken zwischen den Wehren zu einem kleinen Wasser sehr wenig Gefälle behalten, so sagt man, der Strom canalisirt sei. In dieser Weise ist die Saar nach Saarbrücken behandelt. Endlich kann man auch das Wasser vollständig aus dem Flußbette entfernen und es in einen Fahrts-Canal verlegen, der seitwärts im Thal sich hinzieht. Dieses Verfahren ist in der Anlage am theuersten, es gewährt jedoch den großen Vortheil, daß die geringste Wassermenge zur Führung der Schiffahrt genügt, es empfiehlt sich daher vorzugsweise für kleine Flüsse und ist besonders in England häufig angewendet.

Die oben angegebenen Erfordernisse der Schiffahrt stellen sich übrigens auf allen Strömen in gleichem Maasse dar. Die Größe der Construction der Schiffe und die Art des Schiffahrts-Betriebs zeigen so wesentliche Verschiedenheiten, daß man die jedesmaligen Verhältnisse in dieser Beziehung genau kennen muß, bevor man in einem bestimmten Fall das Project zur Stromregulirung aufstellen kann. Einige Bemerkungen über den Betrieb der Flussschiffahrt werden daher nicht umgangen werden.

Nur auf solchen Strömen oder größern Theilen derselben, wo das Gefälle und sonach die Geschwindigkeit des Wassers mäßig ist, eignet sich die Segelschiffahrt vollständig auszubilden. Sie geschieht vorzugsweise in den untern Stromtheilen oder in ausgedehnten Ebenen, und namentlich, wenn daselbst große Inseln vorkommen, die das geschlossene Strombett unterbrechen. Von solchen Stromtheilen, die einem starken Wechsel der täglichen Wasserstände ausgesetzt sind, ist hier indessen nicht die Rede, sie sind vielmehr in hydrotechnischer Beziehung schon als Theile des Meers zu betrachten und werden daher später behandelt werden. Im Allge-

meinen ist das Segel bei den Flussschiffen nur ein untergeordnetes Hilfsmittel zur Bewegung. Es wird unter günstigen Umständen wohl benutzt, um die Fahrt zu beschleunigen oder den Leinenzug zu erleichtern, auch wohl um den letzteren stellenweise ganz entbehrlich zu machen. Ausserdem dient es häufig zur bessern Steuerung des Schiffs, wenn aber kein Wind ist, und sonach das Segel nicht gebraucht werden kann, oder andre Umstände die Benutzung desselben verbieten, so werden dennoch die Fahrten fortgesetzt, indem der Betrieb auf andre Kräfte basirt ist, die weniger vom Zufall abhängig sind. Das in der Bergfahrt begriffne Schiff, wenn es gegen den Strom durch Pferde oder Menschen gezogen wird, läßt sich sehr scharf steuern, weil seine relative Geschwindigkeit gegen das Wasser gleich der Summe beider und daher sehr groß ist, auch kann es wegen seiner nur mässigen Bewegung, die immer durch den Stoss des Wassers bald aufgehoben wird, schnell zum Stillstande gebracht werden. Nichts desto weniger erfordert dennoch seine Führung in diesem Falle Vorsicht, besonders wenn der Zug der Leine von der Richtung des Fahrwassers stark abweicht. Wird nämlich das Ruder zu weit übergelegt, so wendet sich das Schiff noch weiter, die Strömung trifft es in seiner Breite, und es giert und scheert von dem Leinpfade mit großer Kraft fort. Alsdann werden nicht nur die Pferde in den Strom gerissen, sondern, da die Leine am Mast befestigt ist, so neigt auch das Schiff sich seitwärts so sehr, daß es Wasser schöpft. Tritt eine solche Gefahr ein, so bleibt nur übrig, die Leine schlennigst zu lösen, oder sie zu durchschneiden und das Schiff zurücktreiben zu lassen, doch auch dieses ist gemeinhin nicht ausführbar, da die Abweichung sich zu schnell vergrößert.

Für die Thalfahrt giebt der Strom selbst die bewegende Kraft. Das Schiff nimmt sehr bald nicht nur die Geschwindigkeit des Wassers, sondern sogar eine etwas grössere an (§ 16), und dieser Umstand ist in sofern überaus vortheilhaft, als der Unterschied zwischen beiden eine relative Bewegung des Schiffs gegen das Wasser verursacht, von der allein die Wirksamkeit des Steuerruders abhängt. Diese relative Bewegung ist indessen gewöhnlich nur geringe, und daher folgt das Schiff bei der Thalfahrt im Allgemeinen nur unvollständig und langsam dem Steuerruder. Es treten außerdem zwei Umstände hinzu, welche die Führung des Schiffs noch

schweren. Der erste beruht darauf, daß es beim Passiren scharfer Biegungen sehr stark der tangentialen Richtung folgt, und daher oft an das concave Ufer geworfen wird. Außerdem aber nimmt das Schiff bei der Bewegung des Steuers zuerst eine schräge Richtung an, und zwar in der Art, daß sein Hintertheil sich derjenigen nähert, von der man es entfernen will, am weitesten tritt dann das Steuerruder selbst vor. Sobald dieses aber den Boden berührt, oder gar gegen eine Rahne oder das Ufer stößt, wird es nicht nur an der fernern freien Bewegung gehindert, sondern es wirkt sogar als feste Drehungsachse, und das Schiff dreht seiner ganzen Länge nach gegen das Ufer. Hierbei geschieht nicht selten, daß die festen Steuerruder sich so weit heben, daß sie abbrechen. Auf denjenigen Strömen, wo dieses besonders zu besorgen ist, erhalten daher die Steuer die Form und die Befestigungsart der gewöhnlichen Rieme, welche leicht aus dem Wasser gehoben sind. Sie heißen alsdann Streichruder. Ihre Handhabung ist schwieriger, aber sie sind dafür auch wirksamer, indem sie wie gewöhnliche Rieme oder Ruder wiederholentlich aus- und eingelegt werden und daher die Drehung des Schiffs schneller bewirken kann.

Indem das Steuerruder bei der Thalfahrt wenig Wirksamkeit besitzt, so wendet man noch verschiedene andre Mittel zur Lenkung des Schiffs an. Hierher gehört zunächst der Gebrauch der Segel. Man kann entweder unmittelbar dazu, das Schiff auf die dem Wind gekehrte Seite zu drängen, vorzugsweise aber nur, um seine Bewegung zu beschleunigen und dadurch die relative Bewegung gegen das Wasser zu vergrößern oder die Wirksamkeit des Ruders zu vermehren. Bei breiten Strömen und entgegenstehendem schwachen Wind kommt es auch vor, daß die Schiffe quer gegen den Strom gestellt werden, und man sie streift, indem man den Segeln solche Stellung giebt, daß sie das Schiff nach vorn oder nach hinten ziehen, und dadurch dasselbe dem einen oder dem andern Ufer nähern. Auf der Weichsel, unterhalb Danzig, sah man häufig die Schiffe in dieser Weise herabgehn.

Auf manchen Strömen, wie auf der Weser, ist der Gebrauch der Segel bei der Thalfahrt nach den polizeilichen Vorschriften nicht gestattet, da der Mast nur bei der Bergfahrt aufgestellt sein darf, bei der Thalfahrt aber niedergelegt werden muß. Diese Bestimmung ist im Interesse des Landverkehrs und der Fähranstalten

gegeben und hat vorzugsweise den Zweck, das vielfache
lassen der Fährleinen oder das Oeffnen der Brücken zu ver-

Ein andres Mittel zur Vergrößerung der relativen Ge-
digkeit des Schiffs ist der Gebrauch langer Riemen oder
die in gleicher Art, wie bei Böten seitwärts angelegt und
habt werden. Ferner gehört hierher die Anwendung von
oder Stangen, die man gegen das Ufer oder die Sohle d
betts stößt. In manchen Fällen erfordert dieses letzte Mi
übermäßige Kraft-Anstrengung und Geschicklichkeit der
Bei starker Strömung, durch welche das Schiff in heftige B
versetzt wird, läßt sich durch solche Stange oder vielmehr
einen kräftigen Baum, den man gegen den Grund stellt,
sein oberes Ende fest mit dem Schiff verbunden wird,
Richtung des letztern plötzlich ändern. Ein solcher h
Schurbaum. Er wird auf der Saar und Mosel in den
Krümmungen regelmäßig benutzt. Seine Wirkung ist
kräftig, aber er stellt auch das Fahrzeug auf eine hart
Sein Gebrauch beruht darauf, daß sein untres Ende sch
vorn und nach derjenigen Seite, von welcher man das S
halten will, auf den Grund gesetzt wird. Das obere E
dagegen sogleich mit dem Schiff in eine feste Verbindung
werden. Indem Letzteres sich in der Richtung der Fahrt fo
nähert sich die Richtung des Baums der verticalen Stell
durch das Schiff auf dieser Seite gehoben wird, und ins
Raum alsdann nach Maafsgabe seiner Einstellung seitwärt
ist, so fällt er nach eben dieser Seite herab und drängt d
Schiff in gleicher Richtung fort. Bei kleinen Schiffen be
Vorrichtung zur Befestigung des Schurbaums nur in einige
(Köpfen der Lahoiser), die über das Bord an jeder Seite
reihen. An diese Polier sind starke Tace gebunden.
Ende eines solchen schlingt man etwa dreimal um den S
und gespannt mit der Hand möglichst fest die letzte Wir
Tace. Für größere Schiffe ist diese Befestigungsart a
genügend, es sind vielmehr an der äußern Schiffswand
auch sowohl vorn als hinten und zwar an beiden Seite
befestigt, wenn abwärts gekante Längsbalken sich bef
einen der letztern schließt man jedoch den Kopf des Sch

dieser bereits ausgesetzt ist, und er hebt aladann sicher und drängt es zur Seite.

Andres Mittel zur bessern Steuerung besteht darin, daß nöthigen Unterschied zwischen der Geschwindigkeit des Bootes und des Schiffs durch Zurückhalten des letztern her-

zustellen. Dieses geschieht häufig bei Durchführung der Schiffe durch enge Brückenöffnungen, indem ein leichter vierarmiger Bootenanker, ein sogenannter Dragger an das Hintertheil des Bootes gefaßt wird. Derselbe durchfurcht den Grund und verursacht viel Widerstand, daß das Wasser dem Schiff stark voran- und der daraus entstehende Stofs oder Druck das Mittel zur Steuerung bietet. Die Bewegung des Bootes muß aber im Fall, indem die relative Bewegung des Schiffs negativ ist, in entgegengesetztem Sinn erfolgen. Dieser Umstand führt zu Irrungen Veranlassung, und außerdem verursacht der Dragger auch nach der Beschaffenheit und selbst nach der Beschaffenheit des Grundes einen sehr verschiedenen Widerstand, woher das Manöver im Fall einer wirklichen Gefahr nicht die nöthige Sicherheit bietet. Alsdann wird vielmehr ein schwerer Anker aufgesetzt, oder daselbst auf andre Art ein Tau befestigt, welches hinreichend stark ist, um das Schiff zu halten. Dieses Heerablassen vor dem Anker nennen die Schiffer sacken. Das Tau liegt um Schiff und ist zweimal um einen Poller gewickelt, woher durch mäßiges Anziehen des hintern Endes eine wirkende Reibung entsteht, um die Kraft des Stroms zu überwinden. Ein einzelner Mann kann auf diese Art die Bewegung des Schiffs reguliren, und so lange er sie nicht groß werden läßt, kann sie auch jeden Augenblick ganz unterbrechen und das Schiff zum Stillstand bringen. Es kommt indessen hierbei darauf an, das Schiff durch das enge und vielleicht sehr unregelmäßige Gewässer sicher zu führen. Durch bloßes Absetzen mit Stangen ist es gemeinlich nicht möglich, weil der Strom gerade an diesen Stellen besonders heftig zu sein pflegt. Die große relative Geschwindigkeit des Wassers gegen das Schiff bietet indessen das Mittel zu einer genauen Steuerung. Das Steuerruder würde in diesem Fall nur wenig nützen, wenn es sich an demjenigen Ende des Bootes befände, welches dem Stofs des Wassers zugekehrt ist, sondern seine Bewegung durch das Tau selbst, woran man das

Schiff herabläßt, gehindert werden. Es bleibt also nur übrig, das Schiff zu wenden und es gegen den Strom zu kehren, so es dieselbe Stellung annimmt, als wenn es in der Bergfahrt begriffen wäre. Das zweimalige Umdrehn des Schiffs, so wie Ausbringen und Einholen des Ankers und Taues, welches in dem Fall nothwendig wird, verursacht bei der schwachen Bemannung der zu Thal fahrenden Schiffe gewöhnlich einen Aufenthalt von mehreren Stunden, woher die Schiffer solche Stellen, wo diese Manöver angewendet werden muß, als wirkliche Schifffahrtshindernisse bezeichnen. Diese Ansicht rechtfertigt sich auch dadurch, daß während der Zeit des langsamen Durchtreibens kein Bergbau stattfinden darf, und sonach eine vollständige Sperrung des Flußwassers eintritt.

In manchen Fällen, besonders, wenn die Thal-Fahrten beschleunigt werden müssen, ist die Kraft des Stroms zur Bewegung des Schiffs nicht genügend. In denjenigen Strecken, wo das Gefälle und sonach die Geschwindigkeit sehr geringe ist, also in den Pfuhlen oder Wogen (§ 1) wiederholt sich der Uebelstand am häufigsten und wird besonders störend, wenn der Wind stromaufwärts gerichtet und zugleich sehr stark ist. Es kann alsdann leicht geschehn, daß das Schiff gar nicht weiter kommt, vielleicht sogar gegen den Strom getrieben wird, und jedenfalls steuert es unter diesen Umständen sehr schlecht. Man hilft alsdann durch Fortschieben mittelst Stangen, oder es wird die Leine ans Ufer gebracht und Menschen oder Pferde davor gespannt. Hierbei stellen sich indessen vielfache Hindernisse ein. Die Leine wird nämlich in der Richtung gezogen, die dem gewöhnlichen Lauf entgegengesetzt ist, sie bleibt daher häufig hängen und selbst in solchem Weidengebüsch, welches bei der Bergfahrt gar nicht hinderlich ist, weil alle Zweige die dem gewöhnlichen Leinelauf entsprechende Richtung angenommen haben. Dieses Hängenbleiben wird noch durch den Umstand befördert, daß die Leine nur schwach gespannt ist und daher tiefer herabhängt, als bei der Bergfahrt, stellenweise aber der stärkere Strom das Schiff sogar schneller vorreibt, als die Menschen oder Pferde gehn. Endlich giebt noch sehr unangenehme Collisionen, wenn das abwärts gehende Schiff einem Bergschiff begegnet. Gewöhnlich muß in diesem Fall die Leine des ersten nicht nur gelöst, sondern ganz eingeholt

oder ausgebracht werden. Aus diesen Gründen werden an Fallen Leinwerde bei der Thalfahrt benutzt. Der Flosser zieht vielmehr, soweit es geschehn kann, mit seiner Flossschiffahrt oder legt an das Ufer an und wartet das Nachkommende Windes ab.

Es ist noch zu erwähnen, in welcher Art das in der Flossschiffahrt Schiff angehalten werden kann. Jedes Schiff, das Ufer anlegen oder im Strom ankern soll, muß in dieser Richtung gebracht werden, daß sein vordres Ende dem Strom zukehrt ist. Dieses ist nicht nur deshalb nothwendig, sondern theilweise am leichtesten das Wasser durchschneidet, sondern die Schiffe in dieser Richtung am schwächsten stromgegen und Anker und Tauc am wenigsten angegriffen werden. Vorzugswiese geschieht es, weil die Bewegungen des Schiffes zu und Abfahren nur in diesem Fall durch das Steuergeräth unterstützt werden können. Das in der Thalfahrt Schiff muß also, ehe es anlegt, gedreht werden. Dieses geschieht gemeinhin, indem es so gesteuert wird, daß seine Spitze dem Strom zukehrt, so daß der hintere Theil desselben im stärkern Strom bleibt. Wird von diesem abwärts getrieben und so erfolgt die Bewegung selbst, man befördert sie aber, soweit es nöthig ist.

Absetzen mit Stangen, oder auch wohl durch Anwenden der Stangen. Wenn das Schiff nicht schwer beladen und stark gebaut ist, pflegt man es auch wohl mit dem Vordertheil des Ufer stoßen zu lassen. Alsdann dreht der Strom das Schiff in der absichtigten Weise, und dabei wird zugleich die fortwährende Bewegung des Schiffes so gemäslagt, daß der Anker gegen die Leine aus Land gebracht werden kann. Unter Umständen darf man aber nicht plötzlich durch ein Tau die Bewegung des Schiffes unterbrechen, wobei dieses reißen würde. Man zieht es vielmehr ein- oder zweimal um einen Poller und läßt es lange auslaufen, bis das Schiff nach und nach zum Ufer kommt.

In der Bergfahrt werden die Segel benutzt, so oft der Wind günstig ist, und wenn derselbe auch nicht hinreichende Stärke hat, so daß das Schiff gegen den Strom zu treiben, so unterstützt er den Stromzug oder die sonst zur Bewegung des Schiffes ver-

wendete Kraft, so daß diese mit minderer Energie ausgeübt werden kann. Fehlt der Leinpfad und werden auch nicht etwa Dampfboote zum Bugsiren angewendet, während eine frische Strömung statt findet, so ist der Schiffer allein auf den Gebrauch der Segel verwiesen, und bei schwachem oder widrigem Winde muß er die Fahrt unterbrechen. So sammelt sich vor Stromstrecken, in welchen der Wind nicht paßt, eine große Anzahl von Schiffen, wie an der Elbe oft geschieht.

Man hilft sich zuweilen, sobald der Wind nicht benutzt werden kann, durch Schieben mittelst Stangen, oder auch wohl durch einen Leinenzug, der stellenweise durch Menschen ausgeübt wird. Wie groß in diesen Fällen auch die Kraftäußerung der Menschen ist, indem sie sich übermäßig neigen und oft ihren Körper nahe in horizontale Richtung bringen, so rückt das Schiff dabei doch nur sehr langsam vor. Dieses Manöver ist bei den Elb- und Oderkähnen das gewöhnliche, und die Geschwindigkeit, womit sie ohne Anwendung der Segel gegen den Strom fahren, beträgt, obgleich letzterer nur mäßig ist, nicht leicht über einen Fuß in der Secunde, und ist stellenweise noch geringer, woher sie an einem Tage oft nicht mehr als zwei Meilen zurücklegen.

Es ergibt sich hieraus der außerordentliche Nutzen, den gehörig eingerichtete Leinpfade dem Schiffahrtsbetrieb gewähren, indem die Kraft der Pferde viel wohlfeiler, als die der Menschen ist. Freilich ist der Leinenzug durch Pferde für die Uferbesitzer höchst lästig, woher übermäßige Schwierigkeiten und Entschädigungsforderungen gemacht werden, wenn man ihn an einem Strom einrichten will, wo er bisher nicht bestand. Ueber die Erfordernisse des Leinpfades selbst und der dazu gehörigen Anlagen wird im Folgenden ausführlicher die Rede sein, hier mögen aber einige Bemerkungen über die Bergfahrt mit Benutzung des Leinenzugs mitgetheilt werden.

Die Zugleine wird am Mast befestigt und zwar in solcher Höhe, daß sie, soweit es geschehn kann, nicht auf dem Grund schleppt, und nicht die Sohle des Flußbetts berührt. Man verkürzt deshalb die Leine auch jedesmal soweit, als irgend geschehn kann, sie muß aber so lang bleiben, daß der Zug nicht gar zu sehr ausgeübt wird, wodurch derselbe zu sehr erschwert werden würde. Sobald also das Fahrwasser sich vom Leinpfade entfernt oder ge-

Wenn die Richtung stark divergirt, muß die Leine verlängert werden, wenn sie entgegengesetzten Falls sogleich verkürzt wird. Entfernt sich das Fahrwasser aber sehr weit vom Leinpfade, so taucht die Leine, obgleich sie möglichst hoch am Mast heraufgezogen ist, dennoch nicht nur in das Wasser, sondern sinkt sogar bis zum Grund herab. In diesem Fall ist theils das Hängenbleiben der Leine zu besorgen, theils aber entfernt schon der Druck des Wassers die Leine aus der geraden Richtung und dadurch wird der Zug, den das Schiff erfährt, noch stärker dem Ufer zugekehrt, wodurch es abgewendet und folglich seine Bewegung aufs Neue schwert wird. In solchem Fall verhindert man das tiefe Eintauchen der Leine dadurch, daß man in gewissen Entfernungen Steine oder sogenannte Buchtnachen darunter legt. In jedem dieser Nachen muß ein Mann sich befinden, der die Leine hält und darauf achtet, daß sie möglichst eine gerade Linie bildet. Dieses Verfahren ist an manchen Stellen auf dem Rhein nothwendig, und man sieht daselbst bei kleinem Wasser, wobei der Uebelstand immer am größten ist, drei und zuweilen noch mehr Buchtnachen unter einer Leine.

Die Führer der Leinpferde erkennen sehr wohl den großen Vortheil, den die möglichste Uebereinstimmung der Richtung der Leine mit der des Schiffs gewährt. Sie bleiben daher keineswegs immer auf dem Leinpfade, sondern nähern sich, soweit es geschehn kann, dem Fahrwasser. Sie reiten auch, wo es nicht bestimmt verboten ist, über alle Alluvionen und Uferländer fort, und sogar häufig auf lange Strecken im Flusse selbst, und scheuen diesen Zug nicht, wenn auch stellenweise die Tiefe so bedeutend wird, daß die Pferde fast schwimmen. Die Pferde können aber keinen Zug ausüben, wenn der Leinpfad nahe rechtwinklig gegen die Leine gerichtet ist, sie sind alsdann auch der Gefahr ausgesetzt, in den Strom herabgezogen zu werden. Man pflegt in solchem Fall nicht alle sämtlichen Pferde an dieselbe Leine zu spannen, sondern sie in zwei auch wohl drei Gruppen hintereinander gehn zu lassen, wenn jede eine besondre Zugleine hat. Alsdann kommt es nur darauf an, das eine Gespann kräftig auszutreiben, während das andre leicht anziehen darf.

Bei sehr gekrümmten Fahrwassern wird es zuweilen noch nöthig, eine besondre Zugleine oder die sogenannte Hülfsleine

.. Schiffs-Anlagen.

.. des Fahrzeugs zu befestigen, um ein ständiges Verhindern. Solche Hilfsleinen werden von Menschen gezogen, wiewohl zuweilen auch von Thieren werden. Wenn der Strom indessen regulirt werden soll, ist dieser Art nicht vor, und überhaupt findet die Regulirung der scharfen Krümmungen im Falle der Ueberschneidung eine wesentliche Erleichterung. Während des Bauens der neuen Fahrwasser, besonders wenn vor dem Leinpfade ein neues in den Strom gebaut werden, entstehen freilich manche Schwierigkeiten für den Leinenzug. Bei der Verbindung zwischen den Bühnen kann man indessen den Leinpfad weiter vorlegen und dadurch die Schifffahrt aufs vollständigste genügen. Wenn hier die Frage ist, wie weit man das neue Fahrwasser von dem alten Leinpfade entfernen darf, so wird im Allgemeinen der Abstand noch als zulässig angesehen, der auf andere Ufer des Stroms sich vorfindet, und wenn in der Nähe der Mündung der Strom oder vielleicht auch der herrschende Wind besonders stark gegen das Ufer, also an dem neuen Fahrwasser weht, so muß man durch Einrichtung eines Hilfsleins vor dem gegenüber liegenden Ufer die Fahrwasserweite erleichtern suchen, bis der Hauptleinpfad näher an den neuen Fahrwasser gelegt werden kann. Man muß indessen bei Strombauten immer bemüht sein, die neue Fahrwinne möglichst nahe am alten Leinpfad zu legen, und daher, wenn es geschehn kann, die Ueberschneidung des Betts vom gegenüber liegenden Ufer zu vermeiden.

.. der Zeit finden die Dampfschiffe auf den Strömen einen sehr freien Eingang. Sowohl bei der Berg-, als bei der Thalschifffahrt ist die Geschwindigkeit nicht auf diejenige der Segelschiffe beschränkt, sondern oft bedeutend größer, namentlich, wenn sie für den Personenverkehr bestimmt sind. Dabei tritt außerdem noch hinzu, daß sie auch bei höherem Wasserstand, wenn das alte Fahrwasser bereits überströmt worden, noch fahren können. Uebrigens sind sie vom Leinpfade unabhängig und können daher je nach dem Wasserstand verfolgt werden, wenn dasselbe sich auch vom Leinpfade entfernt, oder eine stark divergirende Richtung annimmt.

Das Dampfschiff selbst ist gewöhnlich zur Aufnahme gro

ist nicht geeignet, weil es bei der nöthigen Beschränkung seines Lages schon durch die Maschine und den zum Betrieb erforderlichen Kohlenbedarf vollständig befrachtet wird. Für den Gütertransport dient es daher meist nur zum Bogsiren, und schleppt ein oder zwei und noch mehr Schiffe hinter sich. Dieses geschieht zwar bei der Bergfahrt, sondern in vielen Fällen auch bei der Thalfahrt. Bei letzterer tritt indessen der Uebelstand ein, daß bei den vorkommenden Hindernissen, wie wenn das Dampfboot auf Grund auflauft, die in voller Fahrt begriffenen angehängten Schiffe, die außerdem noch durch den Strom getrieben werden, das Bogsirboot auflaufen, auch gegenseitig an einander stoßen. Sie können nur, wie auch bei der gewöhnlichen Thalfahrt, durch Auswerfen der Anker zum Stillstand gebracht werden. Bevor aber diese fassen und die Schiffe vor denselben stehen, ist der Zusammenstoß gemeinhin schon erfolgt. Es ist daher bei der Thalfahrt besondre Vorsicht nöthig, und vielfach werden die Bogsirleinen auf dem Dampfboot an Haken gehängt, die beim Zurückschlagen eines seitwärts vortretenden eisernen Ankers sich sogleich öffnen, wodurch die Verbindung mit dem angehängten Schiff gelöst wird. Dieses kann alsdann vor Anker liegen oder in anderer Richtung gesteuert werden. In Seehäfen, die sehr schmal und beengt sind, wie in Neufahrwasser, kommt es gar vor, daß man nicht nur vor das zu bogsirende Schiff ein Dampfboot legt, sondern ein zweites Dampfboot noch folgen lassen, das gleichfalls durch starke Taue mit dem geschleppten Schiff verbunden ist. Das letzte Boot dient nicht zum Schleppen, sondern bringt nur das Schiff zum Stillstand, indem seine Ruder zurückgelegt werden, sobald beim Begegnen eines andern Schiffs die Fahrt abbrechen werden muß. Auf den großen Amerikanischen Flüssen ist es aber üblich, die zu schleppenden Schiffe nicht hinter das Dampfboot zu legen und mittelst der Schlepptane von diesem zu lassen, sondern sie vielmehr an dessen Seiten zu legen und sowohl vorn wie hinten daran zu befestigen. Ist dies geschehen, so kann das erwähnte Vortreiben nicht mehr eintreten. Sobald die Räder oder die Schraube des Dampfboots auf Grund schlägt, kommt der ganze Zug zum Stillstand.

Sobald die Dampfschiffahrt auf einem Strom eingeführt wird, werden die Anwohner über die Beschädigung der Ufer Be-

schwerde zu führen, und zwar oft mit vollem Rechte, indem diese Boote einen starken Wellenschlag erzeugen, wodurch der Boden abgespült wird. Besonders heftig ist derselbe bei der Thalfahrt und in tiefem Wasser. Wenn die großen Schleppschiffe auf dem Rhein der Niederländischen Grenze sich nähern, verursachen sie eine sehr heftige Wellenbewegung, die an einzelnen Stellen nach dem Vorüberfahren noch eine viertel Stunde lang anhält, und augenscheinlich die ungeschützten Ufer stark angreift. Die Swine, die das Frische Haff unterhalb Stettin mit der Ostsee bei Swinemünde verbindet, hat seit der Eröffnung der Dampfschifffahrt an verschiedenen Stellen an Breite zugenommen, indem die ungedeckten Ufer zurückgewichen sind. Besonders heftig sind die Abbrüche, wenn die Boote neben den Ufern fahren, und dieses geschieht nicht selten, indem bei der Bergfahrt diejenigen Wege eingeschlagen werden, wo die Strömung am schwächsten ist. Verbote dagegen erweisen sich meist ganz erfolglos, da sich nie nachweisen läßt, daß die vorgeschriebne Entfernung vom Ufer nicht innegehalten sei. Eben so wenig darf man von der Bestimmung einen Erfolg erwarten, daß die Böte auf längre Strecken nur mit halber Kraft fahren dürfen. Zur sichern Steuerung ist oft die größere Geschwindigkeit unentbehrlich, und außerdem wird die Controle darüber sehr schwierig. Es bleibt daher nur übrig, die Ufer sicher zu decken, was am Preussischen Rhein nunmehr größtentheils geschehn ist.

Man nimmt häufig an, daß ein durch Ruderräder getriebenes Dampfboot stärkern Wellenschlag verursacht, als ein Schraubenboot und empfiehlt daher die Anwendung der letzteren auch auf Strömen und Canälen, wie sie auf offner See unbedingt den Vorzug verdienen, weil auch bei starkem Seegange die Schraube niemals vollständig aus dem Wasser tritt, wie die Räder auf der einen oder der andern Seite dieses häufig thun. Auf flachem Wasser verbietet sich indessen die Benutzung der Schraube, weil dieselbe die nöthige Kraft nur bei einer bestimmten GröÙe entwickeln kann, während sie zugleich ganz unter Wasser bleiben muß, oder doch nur wenig darüber vortreten darf. Jene Voraussetzung, daß sie unter gleichen Verhältnissen weniger Wellenschlag erzeugt, ist aber auch zweifelhaft. Der Nordholländische Canal, der Amsterdam mit dem Hafen Nieuwen-Diep verbindet, wird von den verschiedensten Seeschiffen

und zwar ist es hier, mit Ausnahme weniger Stellen, den Schiffern gestattet, mit voller Kraft zu fahren. Man hat dabei die Erfahrung gemacht, daß Schiffe von gleichem Querschnitt und gleicher Geschwindigkeit auch denselben Wellenschlag verursachen, ob sie durch Ruderräder oder durch Schrauben getrieben werden. Die Welle, die vor dem Bug des Schiffs sich bildet, ist dieselbe, welche der treibende Maschinentheil erzeugt, und die Erfahrungen beweisen auch, daß, wenn letztere ganz gar nicht auf Wellenbewegung wirken können, dennoch die größter Geschwindigkeit des Boots sehr heftig eintritt. In manchen Canälen in England eingeführten Schnellböte, welche für den Personen-Verkehr bestimmt, die von drei Pferden gezogen werden, welche man fortwährend in starkem Trab ist in Carriere erhält, bilden Wellen, die nach der Mittheilung Scott Russell*) sogar nach dem Stillstand der Böte noch weiter laufen.

Weniger erzeugt auch ein kleines Dampfboot, durch Reaction des Wassers, welches einst den Schiffahrts-Canal bei Berlin passirte, einen sehr heftigen Wellenschlag. Zur Erklärung dieser Art des Wellenschlags mag daran erinnert werden, daß das Wasser, welches durch einen starken Druck in eine mit einer Seitenöffnung versehene Röhre gedrückt wird, durch diese Oeffnung entweicht, und dadurch das Gleichgewicht der Pressungen aufgehoben wird. Es bildet sich also ein Vacuum auf die der Oeffnung gegenüber befindliche Röhrenwand, der durch die Herstellung einer entsprechenden Bewegung benutzt werden kann. Im Segnerschen Rade, das durch diesen Druck gedreht wird, hat man hiervon bereits seit langer Zeit zum Betrieb von Maschinen Gebrauch gemacht, im Reactions-Boot ist dasselbe Prinzip zur Anwendung gekommen, und wenn diese neue Erfindung auch noch keine bedeutenden Erfolge gezeigt hat, so dürfte eine passender Anordnung wegen der besonders einfachen Uebersetzung der Kräfte doch nähere Beachtung verdienen.

*) Ueber die Wellen auf Gewässern von gleichmäßiger Tiefe von Scott Russell in den Abhandlungen der Königl. Academie der Wissenschaften zu Berlin 1862.

§. 58.

Die Warpschiffahrt.

In neuster Zeit hat eine eigenthümliche Art der Schifffahrt auf Flüssen und Canälen vielfach bereits Anwendung gefunden, und dehnt sich gegenwärtig, wie es scheint, auf alle frequentern binnenländischen Wasserstraßen aus. Es wird nämlich auf die Sohle derselben eine Kette oder ein Drahttau versenkt, und hieran zieht eine Dampfmaschine an Bord des Warpschiffs dieses mit den daran gehängten Lastschiffen fort.

Eine ähnliche Art der Bewegung kommt bei Seeschiffen vielfach vor. Man bringt nämlich einen Anker in der Richtung aus, wohin das Schiff verlegt werden soll. Das Ankertau wird um das auf Deck stehende Gangspill geschlungen, und indem die Mannschaft dieses dreht, erfolgt die beabsichtigte Bewegung. Ist die Entfernung größer, so wird ein zweiter Anker ausgebracht, und das Tau desselben wieder um die Winde geschlungen, sobald man sich dem ersten Anker nähert. Auf diese Art kann die Bewegung, die freilich nur sehr langsam ist, beliebig weit fortgesetzt werden. Dieses Verfahren nennt man Warpen.

Jene vorerwähnte Schifffahrt bei Anwendung von Ketten, die mehrere Meilen lang sind, wird bei uns gewöhnlich mit der Französischen Benennung *Touage* bezeichnet. Diese bedeutet aber nichts Andres, als warpen. Je nachdem eine Kette oder ein Seil benutzt wird, gebraucht man auch die Ausdrücke *Kettenschiffahrt* oder *Seilschiffahrt*. Die obige Benennung, aus der Seemanns-Sprache entlehnt, dürfte wohl der passendste Deutsche Name dafür sein.

Die Französischen Schriftsteller sagen, der Marschall von Sachsen habe schon 1732 das Warpen bei Flussschiffen angewendet, doch sei es erst 1820 zum regelmässigen Betrieb der Schiffe auf der Saone bei Lyon benutzt worden. Das Verfahren stimmte damals sehr genau mit dem auf Seeschiffen üblichen überein. Ein Anker wurde bei der Bergfahrt in einem Boot ausgebracht, das gewöhnliche Hanftau desselben angewunden, und ehe dieses eingeholt war, brachte man einen zweiten Anker aus, und so fort. Der Unterschied bestand nur darin, daß die Winde durch einen Pferde-

Opel in Bewegung gesetzt und an das Warpschiff andre Schiffe angehängt waren.

Schon einige Jahre früher, wahrscheinlich 1818, hatte der ausgezeichnete Maschinenbauer L. G. Treviranas das erste Dampfschiff, welches die Weser befuhr, mit einer Vorrichtung versehen, welche an die jetzt üblichen Methoden des Warpens sich viel näher anschloß. Die Dampfmaschine war nämlich zu schwach, um das Boot in den damals noch zahlreich vorhandenen Stromschnellen hinaufzuziehen. Oberhalb solcher Stelle war daher ein Anker ausgebracht und das Tau desselben reichte bis unterhalb der Stromschnelle, wo es an einer Buoye (einer leeren Tonne) befestigt war. Sobald das Dampfboot diese erreichte, wurde das Tau auf die Winde gelegt, die Verbindung der Dampfmaschine mit den Ruderrädern aufgehoben und diejenige mit der Winde durch Einrücken eines Getriebes dargestellt. Alsdann bewegte sich das Boot zwar langsam, aber doch sicher gegen den heftigen Strom, bis in der Nähe des Ankers das Tau abgeworfen und die Ruderräder wieder in Betrieb gesetzt wurden.

Beim gewöhnlichen Rudern, wie auch bei den Ruder-Rädern und Schrauben der Dampfboote werden die Fahrzeuge bewegt, indem gewisse Flächen gegen das Wasser stoßen und dieses dadurch in entgegengesetzter Richtung fortgeschoben wird. Der Druck wirkt also nicht auf einen festen Körper, vielmehr auf das leicht bewegliche Wasser. Dieses weicht daher aus und ein großer Theil des ausgeübten Drucks wird nicht auf die Bewegung des Boots, sondern auf die Erzeugung von Wirbeln und andern partiellen Strömungen im Wasser verwendet. Der Verlust an Kraft ist aber um so größer, je stärker die Strömung ist. Den Matrosen und Bootsführern ist dieses bekannt. Wenn sie eine heftige Strömung überwinden wollen, so benutzen sie die Ruder oder Rieme nicht in gewöhnlicher Art, sondern sie heben sie aus, stoßen sie gegen den Grund und schieben gegen diesen das Boot fort. Der große Vorzug des Warpens vor dem Gebrauch von Ruderrädern oder Schrauben besteht eben darin, daß das Ankertau oder die Kette zu festen Stützpunkt zum Fortschieben des Boots bietet, und nur wenn die Fahrt des letztern das Ausweichen des Wassers erfordert, wird dieses in Bewegung gesetzt. Man hat gefunden, daß beim Warpen gegen 30 Procent derjenigen Kraft erspart werden, die

bei Ruder-Rädern oder Schrauben erforderlich ist, um demselben Fahrzeug die gleiche Geschwindigkeit zu ertheilen. Diese Ersparung tritt aber schon bei der gewöhnlichen sehr langsamen Bewegung der Warpschiffe ein und steigert sich in hohem Grade bei größern Geschwindigkeiten.

Die zum Betrieb des Warpschiffs versenkte Kette oder Drahtseil ist um gewisse Winden geschlungen, und indem letztere durch eine Dampfmaschine gedreht werden, so bewegt sich das Schiff und schleppt zugleich die daran angehängten Frachtschiffe. Die Kette oder das Seil ist gewöhnlich mehrere Meilen lang, während an den beiden Enden andre liegen, die jedoch mit den ersten nicht in Verbindung stehn. Die Fahrt des Warpschiffs beschränkt sich am passendsten auf eine Kettenlänge. Es geht also an dieser hin und her, während es beim jedesmaligen Beginn seiner Fahrt diejenigen Frachtschiffe aufnimmt, die von dem benachbarten Warpschiff herbeigeschleppt waren, und giebt diese später an das folgende ab.

Auf Flüssen, namentlich, wenn die Strömung stark ist, werden die Frachtschiffe gemeinhin nur in der Bergfahrt geschleppt, während sie in der Thalfahrt mit dem Strom herabtreiben. Das Warpschiff fährt also meist ohne Anhang zurück, es wird dabei aber nicht umgewendet, sondern behält dieselbe Richtung, die es bei der Bergfahrt hatte. Es ist daher an beiden Enden gleich gestaltet und vorn, wie hinten mit einem Steuerruder versehen. Beide Ruder werden auch zugleich gebraucht, um die nöthigen Wendungen zu machen und um das tiefste Fahrwasser zu verfolgen. In letzteres legt man zwar die Kette oder das Seil, es kann jedoch nicht verhindert werden, daß dieselben in gekrümmten Stromstrecken seitwärts fortgezogen werden. Aus diesem Grunde ist eine kräftige Steuerung dringend geboten. Solche läßt sich aber auch mittelst der beiden Ruder sehr sicher erreichen, wie sich dieses namentlich an dem Warpschiff zeigt, welches von den Packhäusern in Magdeburg die Schiffe in dem engen und sehr scharf gekrümmten Fahrwasser, und zwar theilweise in sehr heftiger Strömung, bis Bukow schleppt. Das Verschieben der Kette wird vorzugsweise bei der Rückfahrt des Warpschiffs wieder ausgeglichen, indem dasselbe alsdann einen geringern Druck auf die

fährt und diese daher bei richtiger Steuerung wieder in die Lanie zurückgebracht werden kann.

Vortheilhaft die Warpschiffahrt auch unbedingt ist, so auch die dabei vorkommenden Uebelstände nicht unerwähnen. Zunächst ist zu bemerken, daß die Unternehmer Gesellschaft, die solche Fahrt betreibt, jede Concurrenz verliert, da unmöglich in den vielfach sehr engen Fahrinnen Ketten oder Seile neben einander gelegt werden dürfen. In dem Fall, daß hierzu der nöthige Raum vorhanden wäre, verbietet sich dieses durch die Besorgniß, daß leicht die eine auf die andre niedersinken könnte, wodurch die Fahrt der Schiffe gehemmt würde. Sodann wird der Betrieb von der an einem quer über den Strom gespannten Seil bewegt, bei Einführung der Warpschiffahrt unmöglich. Es fehlt nicht an Vorschlägen, die Warpkette vor dem Fährseil, das falls über derselben liegen muß, fallen zu lassen und später aufzunehmen, doch sind die unvermeidlichen Störungen zu groß und zu bedenklich, als daß man davon Gebrauch machen könnte. Es bleibt schließlich nur übrig, alle Fahren mit Vorrichtungen zu versehen und die Bestimmung zu treffen, daß sie beim Vorübergange eines Warpschiffs immer an demselben Ufer liegen müssen, welches der Warpkette gegenüber sich befindet. Diese Aenderung ist aber oft für den Betrieb der Fahren nachtheilig, denn zum schnellen Gieren gehört eine kräftige Bewegung in der ganzen Breite des Flusses, die in vielen Fällen nicht darstellen laßt.

Das Ziehen einer Fähre am schlaffen Seil von einem Ufer zum andern ist eine Art von Warpschiffahrt, und in der That sind die dabei getroffenen Anordnungen zuweilen sehr nahe mit jenen überein. In England bestanden schon vor der Ausbildung der Warpschiffahrt dergleichen Fahren, die durch Dampfmaschinen angetrieben wurden. Die älteste derselben wurde bei Dartmouth in Devonshire über den Dart ums Jahr 1831 eingerichtet. Fünf Jahre später baute Rendel eine solche über den Hamoaze zwischen Torpoint in Cornwallis und Devonport. Bei Hochwasser war hier die Entfernung zwischen den beiderseitigen Ufern 100 Fuß und die Tiefe an einer Stelle, welche die Fähre passirte, 10 Fuß. Zum Betrieb der letztern waren zwei Ketten aus ein-

zölligen Eisenstäben quer über den Strom gezogen. Um dieselben in angemessener Spannung fortwährend zu erhalten, waren sie an beiden Enden unwandelbar befestigt, sondern das eine Ende jeder Kette lief über eine Rolle in einen Brunnen und war mit dem Gewicht von 5 Tons oder ungefähr 100 Centner beschwert. Auf beiden Seiten des Fährschiffs befanden sich gusseiserne Rollen von 8 Fuß Durchmesser. Dieselben wurden durch eine Dampfmaschine bewegt und waren mit Rillen versehen, welche den Kettengliedern entsprechend abwechselnd verbreitet und vertieft waren, so daß die Ketten sicher gefaßt wurden und nicht gleiten konnten. Es muß noch bemerkt werden, daß diese Fährstelle nicht nur einer starken Strömung bei Fluth und Ebbe, sondern auch einem sonstigen Wellenschlag ausgesetzt ist, daß die in der Nähe ankommenden großen Schiffe oft vertreiben. *)

Eine andre Fährre, die dieser sehr ähnlich ist, vermittelt den Verkehr über die weite und tiefe Meeresbucht, Southampton-Water, genannt.

Als die Warpschifffahrt vor etwa fünfzehn Jahren zuerst auf mehreren Flüssen in Frankreich eingeführt wurde, benutzte man gewöhnliche Ketten. Fig. 248 a auf Taf. XXXI. zeigt in der Ansicht von oben das Boot Ville-de-Sens, das zum Schleppen der Schiffe auf der obern Seine im Jahr 1860 erbaut wurde. **) Es ist ein eisernes Boot, 130 Fuß lang, 23½ Fuß breit. An beiden Enden ist es mit Steuerrudern versehen, die aber wegen der darüber laufenden Ketten nicht in gewöhnlicher Art bewegt werden können, vielmehr sind sie unmittelbar über dem Deck mit je einem horizontalen Rad verbunden, und über dieses, so wie über ein gleiches an der Achse eines horizontalen Radrades ist eine Kette geschlungen, die in die Vertiefungen beider Rillen fest eingreift und daher nicht gleiten kann.

Der Wind, welcher die Warpkette faßt, besteht aus zwei Rollen, deren Durchmesser von 3 Fuß Durchmesser. Auf dem Mantel des Rades befinden sich fünf Rillen, worin die Kette liegt. Die Kette ist also in jeder Rille fünfmal geschlungen, und zw

immer um einen Halbkreis. Eine Ueberkreuzung beim Uebergang findet nicht statt. Die Kette wird aber, wenn sie auch nur über 4 Rollen läuft, so fest gehalten, daß sie nicht gleitet. An den Achsen beider Trommeln befinden sich gleiche Zahnräder, in welche ein gemeinschaftliches Getriebe eingreift, das von den beiden Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt wird. Hierdurch werden beide Trommeln in gleicher Richtung gedreht, und da sie gleiche Kräfte haben, so wird die Kette in allen Punkten, wo sie aufliegt, gleicher Weise angezogen.

Die Kette, welche aus Rundeisen von 10½ Linien Stärke geschmiedet ist, wird über das Deck in zwei mit Eisen gefütterten Gassen von den obern Scheiteln der beiden Trommeln bis gegen die Enden des Boots hin- oder zurückgeführt, man läßt sie aber nicht über den Bug frei herabfallen, weil sie sonst die Ruder fassen könnte, vielmehr setzt sich die Führung an jedem Ende noch über eine zweite, und zwar eine bewegliche Rinne, fort. Jede der letztern ist an eine im Deck stehende Achse befestigt und ruht außerdem auf zwei kleinen Rollen, die auf den Kreisschienen an den Enden des Decks laufen. Zur Vermittlung des Uebergangs der Kette aus der festen in die bewegliche Rinne sind neben jener Drehungsachse noch zwei niedrige verticale Rollen aufgestellt, zwischen welchen die Kette liegt. Indem man die äußern Theile der Rinnen beweglich machte, was bei andern Bötten nicht der Fall ist, so wurde dadurch das Verschieben der Kette auf dem Grund wesentlich vermindert. Die Figur stellt das Fahrzeug vor, wie es in der Richtung des Pfeils in einer scharf links gekehrten Krümmung sich bewegt. Beide Ruder sind so gestellt, daß sie das Boot nach der rechten Seite drängen, während die beweglichen Rinnen der Richtung der Kette folgen.

Jede der beiden Dampfmaschinen entwickelt 20 Pferdekräfte, und beide setzen gemeinschaftlich jenes Getriebe in Bewegung. Letzteres können jedoch durch Einrücken andrer Zwischenräder auf verschiedener Geschwindigkeiten gegeben werden, so wie auch selbstverständlich die Drehung beliebig in einer oder der andern Richtung dargestellt werden kann. Die größte Geschwindigkeit, die das Schiff ohne Anhang in stehendem Wasser annimmt, mißt nahe 1 Meile in der Stunde. Gegen den Strom, und besonders

wenn mehrere Frachtschiffe angehängt sind, bewegt es sich viel langsamer.

Fig. 248 *b* zeigt ein Warpschiff, welches sich von den andern wesentlich dadurch unterscheidet, daß die Kette nicht die ganze zu durchfahrende Strecke des Flusses gezogen ist, sondern nur unter dem Fahrzeug auf dem Grund aufliegt. tritt dabei der wesentliche Vortheil ein, daß man die lange Kette entbehrt. Robertson ließ sich im Jahr 1858 an die Regierung in England ein Patent ertheilen und zeigte durch einen Versuch mit einem Canalschiff die Brauchbarkeit seiner Erfindung.

Es ist eine Kette, deren beide Enden verbunden sind, eine sogenannte Kette ohne Ende. Sie ist, wie in Fig. 248 *a* dargestellt, wieder mehrfach über zwei Trommeln geschlungen, die von einer Dampfmaschine in gleicher Richtung gedreht werden. Diese Trommeln stehen aber möglichst nahe am vordern Ende des Schiffes, damit die Kette, wenn sie sich hier abwindet, von selbst auf die Sohle des Canals herabfällt. Indem sie in hinreichender Tiefe auf dieser liegt, bildet die Reibung einen so kräftigen Widerstand, daß das Schiff dagegen fortgezogen werden kann. Um die Reibung möglichst weit auszudehnen, erstreckt sich eine Rinne mit einer Rolle am Ende über das Hintertheil des Fahrzeuges. Die Kette liegt in dieser und wird durch sie so geführt, daß das Ruder nicht in Berührung kommt. Aus dieser Beschreibung wie auch aus der Zeichnung, ergibt sich, daß das Schiff vom vordern gezogen wird, wenn man die Kette unter demselben entgegengesetzten, durch den Pfeil angegebenen Richtung aufwärts zieht.

Robertson hatte mit dieser Vorrichtung ein Schiff von 100 Fuß Länge und 7 Fuß Breite versehen. Von der Kette wog der Fuß 7 Pfund, und es ergab sich, daß wenn 66 Fuß der Kette auf der Canalsohle lagen, sie bei einem Zug von 880 Pfund leicht in Bewegung gesetzt wurden. Das Schiff fuhr mit der Geschwindigkeit von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Meilen in der Stunde. Es lief sehr sicher und stetig, und wenn die Maschine plötzlich stehen blieb, so schloß es nur etwa um seine halbe Länge auf, so daß es sich wie ein Schiff mit zwei Ankern verhielt.

Die englische Regierung hat diese Erfindung

gt wegen des Fortfalls der langen Warpkette höchst be-
werth ist, in Anwendung gekommen sein, doch ist darüber
Nähere bekannt geworden. Jedenfalls ist sie nur brauch-
bar, wenn die Tiefe sehr gleichmäfsig und nicht grofs ist.
Im Ersten nicht der Fall, so hätte die Kette auf den flachen
Grund eine zu grofse Länge und würde sonach nicht lang aus-
reichen, sondern klumpenweise auf der Sohle liegen. Beim An-
oder Anziehen würde sie daher nicht sogleich den nöthigen
Widerstand leisten, sondern sie müfste, ehe dieses geschieht, zu-
nächst in der erforderlichen Länge gestreckt werden, und die
hier verwendete Kraft wäre für die Bewegung des Schiffs ver-
loren. Bei jenem, von Robertson angestellten Versuch wurde be-
merkt, dafs das Schiff eben so schnell forging, wie die Kette an-
gezogen wurde. Die Canalstrecke, die man benutzte, hatte also
eine sehr gleichmäfsig Tiefe und die Kette die entsprechende

Wird die Tiefe aber gröfser, so vermindert sich die Länge,
weil die Kette auf dem Grund liegt, dieses geschieht auch,
wenn man eine längre Kette wählt, weil der beim Anziehen der
abgehobne Theil derselben sich vergrößert.

Diese Uebelstände sind wohl Veranlassung gewesen, dafs diese
Anordnung, die ihrer Einfachheit wegen gewifs Berücksichtigung
verdiente, so wenig Eingang gefunden hat, dafs sie fast unbekannt
geblieben ist. Dagegen hat die Warpschiffahrt in neuester Zeit die
seltsame Aenderung erfahren, dafs man statt der Kette ein Draht-
tauf die Sohle des Pfafsbetts legte. Der grofse Vorzug dieses
Systems vor dem frühern besteht in der Wohlfeilheit, da das
Seil eines Drahtseils nur den siebenten bis sechsten Theil des
Preises einer Kette von gleicher Länge und gleicher Widerstands-
kraft beträgt. Dieses rührt theils von der gröfsern absoluten
Festigkeit der Drahte und theils davon her, dafs beim Schmieden
Ketten leicht versteckte Fehler vorkommen, welche die Festig-
keit wesentlich vermindern. Die Kette kostet durchschnittlich vier-
soviel als das Drahttauf. Dazu kommt noch, dafs die Kette
unvermuthet wie beim Anheben aus dem Grund sich leicht
ablenkt, oder sogenannte Kinke schlägt, das heifst, einzelne
Theile legen sich nicht in die Richtung der Kette, sondern stellen
sich quer, wodurch leicht ein Bruch veranlafst wird, auch die

Kette in die Rille nicht regelmässig sich einlegt. Bei dem steifen Drahttau kann eine solche Unregelmässigkeit nie vorkommen.

Brüche können so wenig in dem Seil, wie in der Kette unbedingt vermieden werden. Für letztere hat man besondere Schacken in Bereitschaft, die eingeschaltet und durch Schrauben geschlossen werden, dieselben unterbrechen aber die Gleichmässigkeit der Kette, und wenn man in solchem Fall ein gewöhnliches Glied einsetzen und durch vollständiges Schweissen schliessen wollte, so würde dieses einen sehr langen Aufenthalt verursachen. Wenn das Seil in dieser Beziehung auch keinen Vorzug hat, so steht es doch der Kette nicht nach. Man dreht die einzelnen Eisenfäden beider Enden auf einige Fufs Länge auf und schlingt sie regelmässig in einander oder splüsst sie zusammen wie Hanftaue.

Das Drahttau, welches für die Warpschiffahrt auf der Maas zwischen der Mündung der Sambre und Lüttich versenkt wurde, war $9\frac{1}{2}$ Meilen lang, während die Länge des Fahrwassers noch nicht voll 9 Meilen maass. Gewöhnlich nimmt man an, dass die Windungen des Seils oder der Kette eine Mehrlänge von 4 bis 5 Prozent bedingen. Der Durchmesser des Seils war 11,5 Linien und es bestand aus 42 Drähten von 1,3 Linien Stärke. Seine absolute Festigkeit stellte sich nach den Proben auf 29,000 Pfund, der Zug, dem es ausgesetzt wird, beträgt aber wenig über 4000 Pfund.

Mit Rücksicht auf die Dauer scheint die Kette vor dem Drahtseil den Vorzug zu haben, doch ist die Benutzung des letztern zu neu, als dass man ein sicheres Urtheil darüber schon sich bilden könnte. Gewiss darf man aber mindestens 5- bis 6-jährige Dauer erwarten.*)

Indem die Glieder der Kette abwechselnd in einer und der andern Richtung vortreten, so lässt sich eine solche in den Rillen der beschriebenen Trommeln leicht so sicher fassen, dass ein Gleiten unmöglich ist. Beim Drahtseil findet dieses aber um so weniger statt, da seine Oberfläche mit der Zeit sich glatt abschleift. Um ~~das~~ ~~zu~~ ~~vermeiden~~ eines von der Dampfmaschine getriebenen

~~Die~~ ~~beschriebenen~~ ~~Angaben~~ sind grossentheils aus dem Schriftchen
~~von~~ ~~dem~~ ~~Erfinder~~: *Trouve sur cable métallique, système Memil*
~~de~~

anziehen, muß letzteres mit besonderen Vorrichtungen ver-

Beim Fowlerschen Rade, das zum Fassen des gewöhnlich benutzt wird, geschieht dieses dadurch, daß es in dem Rad, worin das Seil sich einlegt, durch eine große Anzahl Klappenpaaren gebildet wird. Es befinden sich deren bis zu oft noch mehr im Umfang des Rades. Die wesentliche Einrichtung derselben zeigt Fig. 248 d. Jede Klappe dreht sich um eine starke eiserne Achse, doch muß dafür gesorgt werden, daß die Klappen nicht zu weit zurückfallen, oder die Rille sich öffnet, daß das Seil nicht mehr von ihnen gefaßt wird. Nimmt man die hier gezeichnete Lage gegen die Achsen der Klappen vor, so übt sich der Druck, den es in radialer Richtung gegen das Rad ausübt, in zwei starke Seitenpressungen auf jene Achsen, von denen jede um den dritten Theil größer ist, als der erwähnte Radruck. Letzterer ist aber nicht unbedeutend, indem er nicht nur das Gewicht des angehobenen Seils entspricht, sondern auch durch die zur Fortbewegung des Schiffs verstärkt wird. In dieser Lage faßt jedes Klappenpaar das Seil sehr sicher, und die sämtlichen Klappenpaare, die gleichzeitig wirken, halten es so fest, daß es nicht mehr gleiten kann. Sobald aber das Seil eine Richtung annimmt, wobei der Druck auf das Rad aufhört, so wird es auch von den Klappen nicht mehr gehalten, und diese öffnen sich sogar selbst in der abwärts gekehrten Hälfte des Umfangs vom

Nach Fig. 248 e befanden sich in der Mitte des Warpschiffs, und an jeder Seite desselben, drei Räder. Das mittlere ist ein Fowler-Rad, während die beiden andern mit festen Rillen versehen sind, die zur Zu- und Abführung des Seils dienen. Das erste wird durch die Dampfmaschine in Bewegung gesetzt, damit aber auch die beiden untern Räder das Seil gehörig aufnehmen, so wird es noch durch zwei Rollen zugeführt, die frei herabhängen, und in jeder Richtung, die das Seil nach Umständen hat, dasselbe zu fassen. Das Schiff fährt, ohne gedreht zu werden, abwechselnd nach einer Seite und der andern Seite, und ist daher an beiden Seiten versehen, die mit dem Seil nicht in Berührung kommen. Es ist zu bemerken, daß das Seil nicht in der Achse des Schiffs, sondern an der Seite angewunden wird, verursacht bei der kräftigen Bewegung keinen sonstigen Nachtheil, als daß ein geringer Theil

der Zugkraft dadurch verloren wird. Zur Beseitigung dieses standes hat man indessen auch vorgeschlagen, zwei gekuppelte Schiffe zu benutzen, zwischen welchen das Seil hindurchgeführt wird. Der dadurch erreichte Vortheil dürfte indessen die Kosten kaum rechtfertigen, während dabei auch die Solidität der Verbindung, namentlich in Rücksicht auf das Bugsiren der hängenden Frachtschiffe, leiden würde.

Schließlich muß noch erwähnt werden, daß man dem Fischen Rade auf den Warpschiffen zuweilen auch eine horizontale statt der verticalen Lage giebt, wobei einige Vorthelle in der Anordnung sich herausstellen sollen, während die Klappen in entsprechender Art angeordnet sind und nahe mit der Kraft wirken.

§. 59.

Ueberwindung starker Gefälle.

Der Mangel an hinreichender Tiefe des Fahrwassers wie bereits erwähnt, als das wesentlichste Hinderniß einer gelassenen Schiffahrt angesehen werden, demnächst sind aber Stromschnellen oder Cataracten gleichfalls so hinderlich, die Schiffahrt in vielen Fällen sehr erschweren und zuweilen vollständig unterbrechen. Beide Arten von Schiffahrts-Hindernissen stehn häufig in naher Beziehung zu einander, denn die große Geschwindigkeit des Stroms und die geringe Tiefe des Fahrwassers sind gegenseitig Ursache und Wirkung. Wo starke Ablagerungen in der vollen Breite des Betts sich gebildet haben, findet oberselben ein Aufstau statt, bis das zur Abführung der Wassermenge erforderliche Gefälle sich gebildet hat, und umgekehrt kann der starke Strom, wenn er durch das große Gefälle verläuft, nur ein kleines Profil füllen, in welchem daher oft die Wassertiefe nur geringe ist.

Beide Uebelstände lassen sich, abgesehen von den Maßnahmen der eigentlichen Stromregulirung (§ 20), durch künstliche Anlagen gleichzeitig entfernen. Ein Wehr, welches unterhalb einer Stromschnelle erbaut wird, hebt nicht nur die heftige Strömung

sondern staut auch das Wasser so hoch an, daß die Fahr- oder Fahrtiefe sich in dem Strombett oder auch über ein- oder mehreren Sandbänken bildet, welche dieses durchsetzen. Man beseitigt auf diese Art keineswegs das starke Gefälle, sondern versetzt es vielmehr auf eine noch kürzere Strecke, nämlich auf die Länge des Wehrs. In seltenen Fällen gehen die Schiffe unmittelbar über die Wehre, doch geschieht dieses ausnahmsweise, woher es auch manchmal besondere Vorkehrungen getroffen werden, um die Fahrt neben den Wehren nicht zu unterbrechen.

Das sicherste und bequemste Mittel, um das Schiff aus einem hohen auf einen niedrigeren Wasserspiegel zu senken, oder umgekehrt, aus dem niedrigen auf jenen zu heben, bietet die Kammerschleuse. Diese ist ein so wichtiger Bau, daß davon in einem besondern Capitel die Rede sein wird. Hier soll nur das Wesentlichste über die Einrichtung mit wenig Worten angedeutet und mitgetheilt werden, welche Bedingungen bei einer Schleusen-Anlage im Strom zu berücksichtigen sind.

Die Kammerschleuse bildet, wie schon der Name besagt, eine Kammer oder ein Bassin, das eben sowohl gegen das Oberwasser, als gegen das Unterwasser abgeschlossen, und andererseits auch mit dem einen oder dem andern in Verbindung gesetzt werden kann. Die Kammer ist so groß, daß sie ein Schiff, zuweilen auch mehrere zugleich faßt, und ihre Zugänge zum Ober- oder Unterwasser sind weit genug, um die Schiffe hindurchzulassen. Das Gefälle des Wehrs oder des natürlichen Wassersturzes stellt sich in der Schleuse gleichfalls dar, und es concentrirt sich an der Mündung derselben, die geschlossen ist. Man kann aber die Schleuse auch die andre abschließen, und sonach in der Kammer beliebig den Ober- oder Unter-Wasserstand darstellen. Wenn ein Schiff aufwärts oder abwärts fährt und an die Schleuse kommt, so wird der Wasserspiegel in der Kammer auf die Höhe desjenigen Wassers gebracht, worauf das Schiff schwimmt. Hierauf öffnet man die dem Schiff zugekehrte Mündung der Schleuse und das Schiff geht in dasselbe hinein. Während dieser Zeit bleibt die Stauung an der andern Mündung der Schleuse in Wirksamkeit und bildet die Grenze zwischen Ober- und Unterwasser. Sobald das Schiff aus der Kammer ist, wird diejenige Mündung, durch welche es hineingefahren war, geschlossen, und das Gefälle durch

langsames Zu- oder Ablassen des Wassers auf sie übertragen. Ist dieses geschehn, so steht das Wasser in der Kammer eben so hoch, als das Wasser im Strom an derjenigen Seite des Wehrs, wohin das Schiff gerichtet ist. Letzteres kann also ungehindert seinen Weg fortsetzen.

Bei der Anlage von Kammerschleusen neben dem Strom sind manche Umstände zu berücksichtigen. Vor allen Dingen muß man dafür sorgen, daß die Schleuse nicht selbst ein Schiffahrts-hinderniß wird. Am nachtheiligsten ist sie, wenn sie zu enge, oder in der Kammer zu kurz ist, weil sie alsdann bei allen Wasserständen den Durchgang größerer Schiffe unmöglich macht, und der Betrieb auf die Benutzung kleiner Fahrzeuge sich beschränkt. Andererseits sind Schleusen auch häufig in sofern sehr hinderlich, als ihr Boden zu hoch liegt, und sonach die Schiffe zur Zeit des kleinen Wassers sie nicht passiren können. Dieser Uebelstand zeigt sich besonders in den stromabwärts gekehrten Mündungen der Schleusen oder auf den Unterdrempeln. In den obern Mündungen ist der Mangel an Wassertiefe seltner, und eine Abnahme der letztern kann hier auch nur eintreten, wenn der Stau des Wehrs vermindert wird, was nicht leicht geschieht.

Im Unterwasser tritt häufig eine auffallende und höchst nachtheilige Senkung ein. Zuweilen wird dieselbe durch die Abnahme der Zuflüsse während der trocknen Jahreszeit herbeigeführt, indem die atmosphärischen Niederschläge bei der zunehmenden Cultur des Bodens schneller dem Strom zufließen, als sonst geschah, wo das Wasser in ausgedehnten Sümpfen und im Schutz des Laubes der Waldungen lange Zeit hindurch zurückgehalten wurde und nachhaltig reiche Quellen speiste. Am häufigsten erfolgt die Senkung aber in Folge der Regulirung des Stroms. Jede Untiefe ist zur Zeit des kleinen Wassers nichts Andres, als ein natürliches Wehr, sobald man sie daher beseitigt, ohne zugleich für eine angemessene Beschränkung der Breite des Profils zu sorgen, so hört der frühere Stau auf und der Wasserspiegel senkt sich. Oft nimmt man bei Strom-Correctionen auf diese Verminderung des Wasserstandes nicht Rücksicht, woher alsdann die Pegel oberhalb der regulirten Strecken geringre Höhen, als früher, angegeben (§ 20). Wenn eine solche Aenderung auch sonst nicht als nachtheilig angesehen werden kann so ist doch ihr Einfluß auf eine oberhalb belegne Schleuse höch

indem diese vergleichungsweise zum niedrigsten Wasserhöhere Lage als früher erhält, und sich oft so sehr über Wasser erhebt, daß während niedriger Wasserstände kein Schiff durch die Schleuse gehn kann. Wenn daher eine neu angelegt oder ausgebaut wird, muß man die unterhalb Stromstrecke sorgfältig in Bezug auf den Effect der darin Correctionen untersuchen. Vor Allem ist dabei ein gewissem Zeit des kleinen Wassers nothwendig. Man vergleicht das gefundene absolute Gefälle mit demjenigen, welches bestehen würde, wenn das relative Gefälle überall nicht wäre, als es in den bereits corrigirten oder in denjenigen ist, die keiner Correction bedürfen. Diese Untersuchung zeigt, wie tief der Wasserspiegel sinken kann, wenn später die Abführung des Stroms ausgeführt wird, und bei dem Neubau muß man die Schleuse so tief legen, daß die Schiffe unter dieser Abführung noch über den Drempe! fortgehn können. Häufig ist eine Schleuse, welche umgebaut wird, das größte Hinderniß im ganzen Strom. Durch Entfernung desselben wird auch ein vortheilhafter Schiffahrtsbetrieb möglich, der so manche Wünsche hervorruft und Veranlassung zu Strom-Correctionen giebt, die früher nicht nöthig gewesen waren. Man muß bei jeder Verbesserung dieser Art schon darauf Rücksicht nehmen, daß eben dadurch auch das Bedürfnis gesteigert wird, der Fortschritt Veranlassung zu neuen Verbesserungen ist, welche die natürliche Beschaffenheit der Ströme allen fernern Änderungen eine Grenze setzt.

Während des Umbaus und selbst während der Reparatur einer Schleuse pflegt die Schiffahrt gesperrt zu werden. Bei Canälen ist dies in vielen Fällen wenig erheblich, insofern schon aus anderen Gründen zeitweise Unterbrechungen des Verkehrs eintreten. Auf Strömen ist die Schiffahrt aber nur zur Zeit der niedrigen Wasserstände und während des Frostes unterbrochen, Reparaturen nicht ausführbar sind. Hiernach ist es sehr vortheilhaft, wenn zwei Schleusen neben einander erbaut werden, so daß dann die eine in Stand gesetzt oder umgebaut wird, während die Schiffe die andre. Wenn man aber diese Maßregel wegen sehr bedeutenden Mehrkosten nicht ergreifen kann, so

ist es doch nöthig, die Baustelle für die zweite Schleuse sogleich bei Anlage der ersten vorzubehalten.

Im Strombett selbst kann die Schleuse nicht füglich liegen, weil sie zu sehr dem Angriff des Stroms und Eises ausgesetzt wäre. Außerdem aber würde sie hier auch in sofern eine unpassende Lage haben, als die in der Thalfahrt begriffnen Schiffe, sobald ein bedeutender Strom über das Wehr stürzt, leicht durch diesen gefaßt und auf das Wehr getrieben werden könnten.

Beinahe jedesmal befindet sich die Schleuse in einem Canal zur Seite des Stroms. Dieser Canal liegt am passendsten auf derselben Seite, wo der Leinpfad ist, weil man sonst oberhalb und unterhalb des Wehrs die Schiffe quer über den Strom führen müßte, was beschwerlich und oft gefährlich ist. Zuweilen liegt der Schleusen-Canal in der Sehne einer Serpentine, und in diesem Fall hebt diese Schleuse nicht selten nur das natürliche Gefälle des Stroms in der Krümmung auf, ohne daß eine künstliche Stau-Anlage darin vorkommt. Ein Beispiel dafür ist der theilweise unterirdisch geführte Kanal St. Maur in der Marne oberhalb Paris. In diesem Fall ist die Länge des Schleusen-Canals gegeben, sonst aber kann man diese, so wie auch die Lage der Schleuse selbst und die ganze Anordnung in verschiedner Weise bestimmen. Hierbei sind indessen manche Umstände zu berücksichtigen, die wesentlichen Einfluß auf die Anlage- und Unterhaltungskosten, so wie auf die Bequemlichkeit und Sicherheit der Schiffahrt haben.

Es darf kaum erwähnt werden, daß man aus Rücksicht auf Kosten-Ersparung den Canal in möglichst geringer Länge darstellt, seine beiden Mündungen müssen aber jedenfalls weit genug vom Wehr entfernt sein, um bei höhern Wasserständen, wenn ein starker Strom über dieses stürzt, die Schiffe keiner Gefahr aussetzen. Gebirgsströme, die viel Material, und zwar groben Kies, mit sich führen, pflegen solchen in großen Bänken unterhalb des Wehrs abzulagern, so daß hier bei kleinem Wasser die hinreichende Fahrtiefe nicht leicht erhalten werden kann. Es ist vortheilhaft, solche Stellen durch den Schleusen-Canal zu umgehen und diesen so weit zu führen, bis der Strom wieder zwischen regelmäßigen Ufern fließt. Eine andre Rücksicht, die man bei Bestimmung der Lage des Schleusen-Canals zu nehmen hat, die auch seine Länge

bezieht sich auf die Weite des Fluthprofils. Der Canal darf nämlich vom Hochwasser nicht durchstromt werden, durch sowohl in ihm, wie in der Schleuse starke Verflachungen und andre Beschädigungen veranlaßt würden. Dasselbe ist zu befürchten, wenn unterhalb der Schleuse ein starker Abhang das Ufer in das weit geöfnete Profil des Canals tritt. Es empfiehlt es sich, den Schleusen-Canal in wasserfreies Terrain zu verlegen, was jedoch vielfach nicht möglich ist.

Die Schleuse findet die passendste Stelle nahe oberhalb der Mündung des Canals, weil derjenige Theil des letztern, der oberhalb der Schleuse liegt, noch mit Oberwasser gefüllt wird, und weniger tief als der Unter-Canal ausgegraben werden darf. In der Anordnung treten indessen oft andre wichtige Rücksichten in Betracht.

Durch den hohen Wasserstand kann nämlich der Abhang des Ufers gestört, auch wohl die Inundation der nächst gelegenen Gegenden veranlaßt werden. Endlich ist die Wahl der Bau-Stelle häufig durch die Beschaffenheit des Grundes und andre Rücksichten so bestimmt vorgezeichnet, daß man gezwungen ist, den Ober-Canal abzukürzen und dem Unter-Canal eine größere Ausdehnung zu geben.

Der Ober-Canal wird gemeinhin so verbreitet, daß mehrere Schiffe sicher liegen können, ohne den heraufkommenden Nachschub den Weg zu sperren. Außerdem ist aber eine ansehnliche Weite dieses Canals auch insofern nothwendig, als er die Fluth speist, und das Wasser in ihm beim Oeffnen der Schütze stark gesenkt, noch auch in heftige Strömung versetzt werden muß.

Das Oberwasser fällt gemeinhin oberhalb der Schleuse oberhalb der Schütze um einige Zolle, zuweilen aber noch um wohl um einen ganzen Fuß. In dem ältern, ziemlich kurzen und sehr langen Schleusen-Canal bei Muhlheim an der Elbe ist die Fallhöhe dieses so stark, daß die Schiffe bei kleinem Wasserstand nicht mehr schwammen, sondern auf dem Grunde des Canals liegen blieben.

Der Unter-Canal verursacht das Oeffnen der Schütze eine entgegengesetzte Wirkung. Das Wasser sinkt daselbst nämlich, und steigt, was ohne Nachtheil ist. Dabei entsteht eine Strömung, die um so stärker wird, je enger der Canal ist. Auch ist es für den Schiffsverkehr nachtheilig, wenn

die nöthige Breite zum Ausweichen zweier Schiffe hier fehlt. Wenigstens in der Nähe der Schleuse muß hinlänglicher Raum bleiben, damit die in der Bergfahrt begriffnen Schiffe den Eintritt in die Schleuse abwarten können, ohne den herabkommenden hinderlich zu werden. Es giebt indessen einen andern Grund, der die Annahme einer überflüssigen Breite, falls dieselbe auch leicht darzustellen wäre, für den Unter-Canal verbietet. Beide Mündungen des Schleusen-Canals sind nämlich, insofern sie nur vorübergehend durchströmt werden, der Verflachung ausgesetzt, sie nehmen daher, wie jede andre Bucht zur Seite des Stroms, in welche derselbe nicht eindringt, allen Sand und Kies auf, der von dem durchfließenden Wasser hineingetrieben wird. Außerdem setzen sich beide Canäle in ihrer ganzen Länge bei allen Veränderungen des Wasserstandes mit dem Ober- und Unterwasser ins Niveau. Bei jeder Anschwellung tritt daher trübes Wasser in sie hinein, welches, nachdem die Canäle gefüllt sind, zur Ruhe kommt, und alle erdigen Theilchen darin absetzt, so haß es beim spätern Sinken des Wasserstandes im Strom vollkommen klar abfließt.

Beide Ursachen der Verflachung kommen zwar eben sowohl im Ober-Canal, wie im Unter-Canale vor, ihre Wirkungen sind aber nicht gleich groß, sondern im letzten viel bedeutender. Im Oberwasser ist nämlich die Strömung wegen der Anstauung durch das Wehr nur mäßig, daher wird weniger Material in die obere Mündung hineingeführt. Andererseits ist der Wechsel des Wasserstandes oberhalb des Wehrs auch viel geringer, als unterhalb desselben, daher füllt sich der Ober-Canal bei jeder Anschwellung in geringerem Maasse, als der Unter-Canal. Die Erfahrung bestätigt dieses vollständig. Die Verflachungen in den Unter-Canälen sind allgemein viel bedeutender, und namentlich sind sie in den Mündungen selbst so groß, daß man hier häufig und bei manchen Anlagen sogar nach jedem Hochwasser Aufräumarungen vornehmen muß. Besonders findet dieses statt, wenn die Unter-Kanäle sehr lang und breit sind, auch wohl das Hochwasser von der Seite in sie hineintritt. Manche Baumeister empfehlen daher, die Mündungen der Unter-Canäle so schmal zu halten, daß nur eben ein Schiff hindurchgehn kann, auch öffnet man zuweilen während des höhern Wassers die Schütze in den Schleusenthoren, um einen starken Strom hervorzubringen, der die Mündung wieder vertieft.

ist indessen insofern bedenklich, als dadurch große Quantitäten Wasser in den Canal geführt werden, die leicht in ganzer Länge mehr Sand und Erde niederschlagen, als sie Mündung treiben.

Wenn die vorstehend erwähnten Uebelstände auch möglichst zu werden, so läßt sich der Aufenthalt doch nicht vermeiden, die Schiffe beim Durchgang durch die Schleuse erwarten. Man kann freilich durch Anstellung von Knechten das Öffnen und Schließen der Thore und Schütze wesentlich beschleunigen, auch durch doppelte Besetzung der Schleusenwarte während der Nacht die Arbeit fortsetzen, aber dennoch wird es wohl niemals, mehr als etwa 70 Fahrzeuge in 24 Stunden derselben Richtung durchzuschleusen. Dieses würde freilich bei sehr lebhaftem Verkehr genügen, wenn der Schiffahrtsverkehr regelmäßig stattfände, und nicht etwa auf gewisse Zeiten beschränkt wäre. Das letzte findet in vielen Fällen wirklich statt, nämlich wenn der Strom bei kleinem Wasser wenig Tiefe hat, starkem Regen aber schnell anschwillt. So geschieht es bei der Ruhr, daß hunderte von Schiffen mit Kohlen beladen auf verschiedenen Halden zum Abfahren bereit liegen, und sobald endlich das erwartete Hochwasser eintritt, das während des Jahres nur kurze Zeit und selten länger, als einige Tage anzuhalten pflegt, so fahren alle Schiffe zu gleicher Zeit ab und treffen in den Schleusen zusammen, wo sie theilweise so lange aufgehalten werden, daß sie wegen des inzwischen eingetretenen kleinen Wasserstandes, nachdem sie endlich die Schleuse passirt haben, die Fahrt weiter fortsetzen können.

Die Kammerarschleuse ist indessen, wenn sie auch die größte Möglichkeit für die Ueberführung der Schiffe bietet, dennoch das einzige Mittel zur Ueberwindung der starken Gefälle. Das 17 angegebene Verfahren, dessen man sich besonders in Preußen häufig bedient, um einen höhern Wasserstand periodisch zu erhalten, und die zu Thal fahrenden Schiffe zugleich mit der nöthigen Wassermenge, also auf dem Rücken der Fluthwelle zum nächsten Stau herabzuführen, beruht gleichfalls auf Anlagen, die den Uebergang der Schiffe aus dem Oberwasser in das Unterwasser möglich machen. Die Niveaudifferenz ist freilich gerade in diesem Falle nicht bedeutend, weil der hindurchstürzende

Strom den Unterwasserspiegel sogleich hebt. Die Vorrichtung, wodurch der Stau dargestellt und plötzlich aufgehoben, u. Art dieses Schiffahrts - Betriebes möglich wird, sind nichts als die beweglichen Wehre, von denen schon die Rede war (S. 47 und 48). Man benutzt indessen zu demselben Zweck auch Anlagen, die zum Theil nicht wesentlich von den beweglichen Wehren verschieden sind.

Diese sind die Stauschleusen. Sie kommen nicht selten vor und bestehn in Stauwänden, die das ganze Flußbett ausfüllen und mit Oeffnungen versehen sind, welche eine solche Breite haben, daß ein Schiff sie bequem passiren kann. Sie sind älter, als die Kammerschleusen, und haben wahrscheinlich die nächste Ver-
besserung zur Erfindung der letztern gegeben, indem diese aus nur aus zwei nahe hinter einander liegenden Stauschleusen bestehen. Nach Woltman*) war die Stecknitz vom Möllner-See bis zur Mündung in die Trave schon früher mittelst dieser Schleusen schiffbar gemacht, als in den Jahren 1391 bis 1400 der übrige Theil der Stecknitz von dem Möllner-See bis zur Mündung in die Trave gleicher Weise behandelt und mit zehn Stauschleusen versehen wurde.

Auch die Alster ist auf vier Meilen Länge von Iburg aufwärts durch Stauschleusen schiffbar gemacht. Eine Querschnitt derselben zeigt Fig. 243 auf Taf. XXX., und zeigt die Schleusen von oben und von unten. Sie sind eigentlich Freiarchen, die aus Vor- und Hinterböden und Seitenwänden bestehen. Die Vorrichtung zum Schließen der Oeffnung ist von den bisher beschriebenen verschieden. Zwei Thore, die den gewöhnlichen Schleusenthoren ähnlich sind, drehn sich um verticale Achsen und lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, gegen eine über den Boden vortretende Schwelle, und sind durch einen Spannriegel, der beide Seitenwände mit einander verbindet, geschlossen. Diese Thore sind zur Unterscheidung von den festen Verbanen in der Zeichnung schraffirt. Das gleichschenklige Dreieck, das die geschlossenen Thore im horizontalen Durchschnitt bilden, ist bei den Schleusen in der Alster etwa den zwanzigsten Theil der Basis nur Höhe, während die Stemmthore bei gewöhnlichen Schleusen, wie später angeführt werden soll, sich gegen die

*) Beiträge zur Schiffbarmachung der Flüsse. Seite 170.

Dreiecks-*lehn*, dessen Höhe mindestens dem vierten Theil der Basis gleich ist. Bei den Stauschleusen auf der Stecknitz sogar die Flächen der beiden Thore in einer Ebene. Die Höhe jenes Dreiecks ist gleich Null.

Eine andre Eigenthümlichkeit der Thore dieser Stauschleusen ist, daß sie sich nicht unmittelbar berühren, sondern dazwischen eine Oeffnung bleibt, die durch ein Schütz geschlossen wird, und die Thore auch nicht mit einem dichten Bohlenbelag versehen, sondern zwischen je zwei Stielen ist das Feld offen, und wird durch ein Schütz geschlossen. Auf diese Weise sind die Thore eigentlich nur aus Rahmen, und alle Stiele, so wie die Wendesaulen sind wie Griesssäulen mit Nuthen versehen. In dieser Beziehung stimmen die Stauschleusen der Alster mit der Stecknitz überein. Will man sie öffnen, so hebt man das Schütz nach dem andern aus, wozu die beiden darüber liegenden Winden dienen, die mittelst durchgesteckter Hebel bewegt werden. Die Schütze befestigt man aber, sobald sie aus der Wasser gezogen sind, mit Haken an die Thore. Nur das Schütz muß jedesmal ganz herausgenommen werden, doch ist es nur zur Zeit des kleinsten Wassers eingestellt, um den Strom ganz zu sperren. Das Wasser ergießt sich, sobald die Schütze gehoben sind, durch die Oeffnungen zwischen den Stielen, so daß letzteren nur einen geringen Druck erleiden, so kann man die Vorrichtungen die Thore gegen den Strom öffnen. Der Stau neben jeder Schleuse beträgt etwa 5 Fuß und in den liegenden Stromstrecken bleibt gewöhnlich noch ein beträchtliches Gefälle. Wenn ein Schiff durchgeführt werden soll, so läßt man es nicht unmittelbar nach dem Öffnen der Thore, sondern man läßt zuerst das Wasser so lange hindurchströmen, bis es in der Schleuse sich etwa auf die Hälfte erniedrigt hat. Die Erleichterung der Schifffahrt auf der Berkel, wovon schon oben Rede war, sind gleichfalls mehrere Stauschleusen angeordnet, zwar eben sowohl im Holländischen, als in neuerer Zeit in Preussen. Fig. 244 a, b und c zeigt die im Preussischen unterhalb der Hühner-Brücke erbaute Stauschleuse. Die Ordnung und Construction ergibt sich mit hinreichender Deutlichkeit aus der Zeichnung, zur Erläuterung derselben ist nur hinzuzusetzen, daß die beiden Seitenöffnungen zur Abführung des

Hochwassers dienen. Ihre Breite mißt 9 Fuß und sie sind gewöhnlich durch Schütze geschlossen, welche sich der Sicherheit wegen noch gegen Mittelstiele lehnen. Die mittlere, für den Durchgang der Schiffe bestimmte Oeffnung ist 12 Fuß 6 Zoll weit und wird durch Versatzbohlen geschlossen, welche mit Hülfe der darüber befindlichen Winde leicht gehoben werden können. Um das Durchbiegen dieser Bohlen zu verhindern, sind dahinter noch zwei Setzpfeiler angebracht, die sich gegen einen Griesholm lehnen. Sobald ein Schiff durchgelassen werden soll, hebt man mittelst der Winde zuerst die Versatzbohlen aus, sodann die Setzpfeiler und endlich den Riegel. Der Stau beträgt, wenn einige Bohlen eingesetzt sind, 3 bis 4 Fuß, während des Aushebens der verschiedenen Theile, welche die Oeffnung schliessen, vermindert er sich indessen schon, und die Schiffe dürfen daher keinen förmlichen Wassersturz, sondern nur eine starke Stromschnelle überfahren.

Den Stauschleusen ähnlich sind die Schiffsdurchlässe. Beide Benennungen werden häufig mit einander verwechselt und es möchte auch schwer sein, die unterscheidenden Merkmale scharf zu bezeichnen. Nach dem eingeführten Sprachgebrauch nennt man die Anlage einen Schiffsdurchlass, sobald das Gerinne eine größere Längen-Ausdehnung hat und der Boden und die Seitenwände nicht nur dazu dienen, die Stauvorrichtung gegen Unterspülung zu sichern, sondern zugleich das Gefälle auf eine angemessene Länge zu vertheilen, also das relative Gefälle zu mäßigen. Es folgt hieraus schon, daß im Allgemeinen das absolute Gefälle des Stroms an den Stellen, wo Schiffsdurchlässe erbaut sind, größer sein darf, als neben den Stauschleusen. Wenn aber auch beide, während sie geschlossen sind, einen gleich hohen Stau erzeugen, so ist dennoch ihr Gefälle zur Zeit des Durchgangs der Schiffe wesentlich verschieden. Bei der Stauschleuse wird nämlich schon vorher das Oberwasser stark gesenkt, beim Schiffsdurchlass behält dasselbe dagegen sehr nahe seinen frühern Stand. Die Wahl zwischen beiden Anlagen ist sonach theils durch die Wassermenge des Stroms theils durch das Gefälle und die sonstigen Umstände bedingt, hierher gehört namentlich, daß die große Wassermenge welche die Stauschleuse abführt, weiter abwärts den Wasserstand hebt, und dadurch den Uebergang über manche Untiefen erleichtert.

Beim Uebersturz über ein Wehr und in gleicher Weise auch

an Stauschleuse nimmt das Wasser eine stark abwärts gerichtete Bewegung an. Diese setzt sich in Folge des Beharrungsvermögens des Wassers noch fort, sobald der Strahl das Niveau des Unterwassers erreicht hat. Es bilden sich daher Senkungen des Wasserspiegels, die so tief sind, daß das Unterwasser über dem abfließenden Strahl in entgegengesetzter Richtung zufließt und in einer gewissen Entfernung sich der Stauvorrichtung nähert. Dieser Gegenstrom aber an die Stelle gelangt, wo sein Vorwärtsgang geringer und durch die Mittheilung der Bewegung, oder durch die Adhäsion des Wassers seine Geschwindigkeit aufgehoben ist, so hört er plötzlich auf, während immer neue Wassermassen über Weir von ihm erfaßt werden, und er fortwährend an der nämlichen Stelle verschwindet. Die ganze Erscheinung ist sehr auffallend.

Der Hauptstrom zeigt die spiegelglatte Oberfläche, der Gegenstrom dagegen ist durch zahllose Wellen gekräuselt, welche die Richtung seiner Bewegung erkennen lassen. Außerdem treibt eine Menge Schaum an seiner Oberfläche, die Luftblaschen, woraus der Schaum besteht, können aber, weil sie zu leicht sind, nicht vom Gegenstrom in die Tiefe gerissen werden, bleiben also auf der Oberfläche zwischen beiden, und diese Grenze markirt sich daher genau noch deutlicher durch einen starken Schaumstrich.

Die herabfahenden Schiffe werden, wenn sie nicht stark behaftet sind, und sonst keine große Masse haben, in ihrer Bewegung plötzlich merklich aufgehalten, sobald sie in den Gegenstrom treten. Minard erzählt,*) daß bei einem Hochwasser im Rhodanus-Flusse ein großes leeres Schiff losgerissen und durch die Bewegung im Wehre bei Brives getrieben wurde. Es blieb aber bald hinter im heftigsten Strom liegen, und zwar über fünf Tage lang, indem der Gegenstrom, sobald es sich entfernte, es zurückführte und es dabei so heftig gegen das massive Wehr schiefte, daß dieses stark beschädigt wurde. Minard beobachtete die Erscheinung auch an der Marne. Er fuhr in einem kleinen Boot nach dem Stau bei St. Maur, und ließ sich bis an den Stau hinauf ziehen. Der Nachen wurde durch den Gegenstrom abwärts treiben verhindert, und blieb ruhig liegen. Die Ruder

*) *Manuel de construction des ouvrages, qui établissent la navigation des rivières et des canaux.* Paris 1841. Seite 135.

durften nur selten benutzt werden, und zwar nur, um den Fluß in der Richtung des Stroms zu erhalten. Es trat eine hin- und hergerichtete gleichsam pendelnde Bewegung ein, die sich je so weit ausdehnte, bis der entgegenkommende Strom der Bewegung des Nachens eine andre Richtung gab. Dieser Versuch dauerte auf eine volle Stunde ausgedehnt.

Bei Schiffsdurchlässen habe ich diesen Gegenstrom bemerkt. Er stellt sich wahrscheinlich deshalb nicht ein, weil der Hauptstrom sich schon der horizontalen Richtung nähert. Letzterer trifft aber eine Wassermasse, die eine viel geringere Geschwindigkeit hat, und der Stoss verursacht einen Druck, der sich in vertikalen Aufsteigen des Wassers zu erkennen giebt. Es bildet daher eine hohe stehende Welle, die aber wegen der Störung des Gleichgewichts, die sie verursacht, sich nicht an einen horizontalen Wasserspiegel anschliessen kann, ihr folgt vielmehr ein ganzes System ähnlicher stehenden Wellen, deren Höhe sehr schnell abnimmt, so daß man gemeinhin nur etwa vier deutlich unterscheiden kann. Das herabfahrende Schiff wird in diesem Fall, wegen der plötzlichen Verminderung der Geschwindigkeit des Wassers, und noch mehr durch den Stoss der stehenden Welle sehr merklich in seiner Bewegung gehindert.

Die Schiffsdurchlässe findet man am häufigsten, vorzugsweise ausschliesslich im südlichen Deutschland. Zunächst mögen diejenigen beschrieben werden, die früher an der Lahn im Nassauischen benutzt wurden, und nothdürftig einigen Schiffahrtsbetrieb bis Wintereis möglich machten. Jetzt sind sie sämmtlich eingegangen und durch Schiffsschleusen ersetzt. Man nannte sie dort Lücken.

Die Schiffe, welche damals die Lahn befuhren, waren einer Länge von 72 Fuß beinahe 11 Fuß breit und 4 Fuß tief. Sie luden 700 bis 800 Centner. Die dortigen Wehre verursachten bei den gewöhnlichen Wasserständen einen Stau von 4 Fuß und etwas darüber, womit das Gefälle der Schiffsdurchlässe übereinstimmte. Letztere befanden sich in den Wehren selbst, in der Mitte der Wehrrücken, etwa in der Länge von 20 Fuß und durch eine hölzerne Rinne ersetzt war, in welcher die Schiffe herab- und hinauffahren. Die Länge der Rinnen betrug 30 Fuß, woher sie eine Neigung von sechs- bis achtfacher hatten. In einzelnen Fällen war die Neigung jedoch

doch reichte alldann der Boden der Rinne nicht tief genug unter Wasser herab, und es bildete sich noch ein merklicher Sturz daselbst, der den Durchgang der Schiffe sehr erschwerte. Am Abschlufs der Rinne während des kleinen Wassers einige hochkantig gestellte Bohlen. Da dieselben jedoch ohne einer Unterstützung bedurften, weil sie sonst gebrochen worden, wurde in ein Loch im Fachbaume eine eiserne Stange eingelegt, die man jedesmal ausheben mußte, ehe ein Schiff durch die Rinne kam. Dieses Ausheben, sowie das Wiedereinstellen der Stange und Bohlen geschah von einem Nachen aus, der mittelst einer Leine weiter aufwärts am Ufer befestigt war.

Das Wasser strömte mit zunehmender Geschwindigkeit durch die Rinne, wie sich schon durch den verschiedenen Wasserstand selbst zu erkennen gab. In dem stark geneigten Schiffsbassin am Nieverner Wehre maafs ich den Wasserstand oben in der Rinne 18 Zoll und unten 9 Zoll. Die Messung am Woltmanschen Flügel ergab die Geschwindigkeit oben in der Rinne 11,1 und unten 16,5 Fuß in der Sekunde.

Das Herabfahren geschah gemeinhin ohne besondere Mühe, da die meisten Durchlässe eine Richtung hatten, die der des Stromes unterhalb entsprach, woher das Schiff, sobald es mit solcher Geschwindigkeit aus der Rinne, in das beinahe stillstehende Wasser kam, den Cours nicht ändern durfte. Nur der Lauf bei Baldunstein ohnfern der Schaumburg hatte eine gefährliche Richtung, die gerade auf einige Felsen vor dem Ufer hinwies. Um das Schiff von diesen abzuhalten, genügte das Steuern, es waren daher noch einige Pfähle unterhalb des Wehres eingetammt, und in diese mußten die Schiffer während schnellen Vorbeitreibens Bootshaken einstossen und dadurch das Schiff absetzen. Das Manöver erfolgte, so oft ich es sah, mit solcher Präcision und überraschenden Geschicklichkeit, dergestalt, daß der hohe Werth, den die Lahn-Schiffer auf ihre Kunst legen, und die Geringschätzung, womit sie von dem Staatshausbetriebe sprachen, vollkommen begründet war. Die Rückkehr wurde hier ausschließend in der Art betrieben, daß Frachten (größtentheils Eisenerze) nur stromabwärts gingen und die Schiffe immer leer zurückkehrten. Hierdurch wurde das Herabfahren in den Durchlässen sehr erleichtert. Sobald das

Schiff an einen Durchlaß kam, hielt man es an und befestigte einen Block eines Flaschenzuges an das Schiff, den zweiten einen Pfahl, der oberhalb des Wehrs zu diesem Zweck im Grunde eingegraben war. Man spannte alsdann das Pferd vor das in den Flaschenzug eingeschoorne Tau und ohne große Anstrengung zog das Schiff herauf.

Wenn die zu überwindenden Gefälle größer sind, müssen Schiffsdurchlässe mit mehr Sorgfalt angeordnet werden. Die fliegenden Schiffe schleifen größtentheils auf dem Boden, in dem der Wasserstand nicht hoch genug ist, um sie schwimmend zu halten. Sie können schon aus diesem Grunde nicht mehr gesteuert werden, dieses verbietet sich außerdem aber auch dadurch, daß ihre Geschwindigkeit zu groß ist, als daß man sie noch recht drehen könnte.

Man giebt denjenigen Schiffsdurchlässen, in welchen große Gefälle liegen, eine Breite, die zwar im obern Eingange sehr bedeutend ist, daß sie ein bequemes Einfahren gestattet, welche aber abwärts sich jedoch nach und nach vermindert, und am Ende so geringe ist, daß das Schiff wenig freien Spielraum bekommt und durch die Wände der Rinne in der gehörigen Richtung gehalten wird. Wiebeking*) empfiehlt die Rinne in dem stromaufwärts gekehrten Theile nur um 2 bis 3 Fuß breiter als die durchgehenden Schiffe zu machen, ihr jedoch in der obern Mündung eine bedeutend größere Breite zu geben, damit der Wasserstand bei der zunehmenden Geschwindigkeit des Wassers am Ende nicht zu geringe wird. Solche Erweiterung verbietet jedoch, wenn größere Schiffe den Durchlaß benutzen sollen, die Schwierigkeit, das breitere Schütz zu heben.

Bei stärkern Gefällen muß man die Rinne recht flach halten oder ihr nur eine geringe Neigung geben, auch muß man sie jedesmal gehörig tief in das Unterwasser herabführen. Pechmann sagt, die Länge der Rinne müsse wenigstens das Fünfzigfache der Niveau - Differenz zwischen Ober- und Unterwasser betragen. Wiebeking gestattet einen etwas weitem Spielraum und ver-

*) Theoretisch praktische Wasserbaukunst, zweite Auflage. III. Band. München 1814. Seite 166.

**) Praktische Anleitung zum Flußbau. II. Band. München 1814. Seite 80.

Die Länge der dreißig- bis funfzigmaligen Größe des Schiffes sein solle, wahrscheinlich ist das Dreißigfache die äußerste Grenze, welche bei Anlagen dieser Art übersteigt.

Die Rinne muß jedenfalls einen hölzernen Boden erhalten, der eben ist, und aus dem keine Nägel vortreten dürfen, die Schiffe sonst, während sie darüber gleiten, leiden würden.

Es müssen die Seitenwände, besonders wenn die Rinne lang ist, verkleidet werden, da ohne diese Vorsicht das Gleiten gefährlich wäre. Da aber sowohl der Druck gegen die Rinne, als der Stoß gegen die Seitenwand immer sehr stark auf die Verkleidung nirgend hohl liegen, wodurch ein Durchbrechen eingebracht werden könnte. Man packt daher den Boden und die Schwellen sorgfältig mit Steinen aus, und bemüht sich, zwischengelegtes Moos oder eingestampften Thon in den Fugen wasserdicht zu machen. Die Seitenwände bestehen aus Balken, die wie in einer Blockwand unmittelbar auf einander liegen. Wenn besondere Vorsicht nöthig ist, um den Wasserdampf möglichst vorzubeugen, so werden auch wohl alle Fugen durch Werg oder wenigstens durch Moos gedichtet. Reinigt man die Rinne sehr leicht, indem die Rinne, sobald die Verkleidung geschlossen ist, trocken wird, und bis zum Ueberfließen abgelaufen werden kann.

Die Seitenwände von der obern Mündung des Durchlasses erstreckend sich über die Stelle hinaus, wo der Abschluß stattfindet, so divergiren sie hier wie Flügelwände, so daß sie eine erweiterte Einfahrt bilden. Hieraus entsteht nicht nur der Vortheil, daß die Schiffe leichter hineingeführt werden können, sondern wird dadurch auch die Gelegenheit geboten, die Schiffe unmittelbar neben der Rinne sicher zu befestigen.

Vorrichtungen zum Schließen der Schiffsdurchlässe sind verschieden. Am häufigsten benutzt man ein einzelnes Schloß, das die ganze Oeffnung schließt, und unter welchem das Schiff durchgeht. Wenn das Heben eines solchen Schützes auch eine große Kraft erfordert, und sonach besondere mechanische Vorrichtungen dazu nothwendig werden, so gewährt es doch den Vorzug, daß das Manöuvr durchaus sicher ist, und die Rinne nach dem jedesmaligen Durchlassen eines Schiffes

schnell und vollständig wieder bewirkt werden kann, während die Wiederaufstellung anderer Stau-Vorrichtungen nur langsam von statten geht, und sonach mit einem größern Wasserverlust verbunden ist, der theils für die Mühlen-Anlagen und theils für die Schiffahrt wegen der Senkung des Oberwassers nachtheilig sein würde. Das Heben des Schützes wird dadurch erleichtert, daß die Anschwellungen oberhalb des Wehrs bei dessen starkem Gefälle nicht bedeutend sind, und sonach der Wasserdruck gegen das Schütz sich niemals so sehr vergrößert, daß die Reibung dadurch in hohem Grade verstärkt würde. Die Vorrichtung zum Heben des Schützes besteht gewöhnlich darin, daß man dasselbe an zwei Flaschenzüge hängt, und die beiden Tæue der letzteren über eine gemeinschaftliche Welle schlingt, welche durch ein großes Haspelrad oder auch wohl durch ein Laufrad gedreht wird.

Das Heraufziehen der Schiffe in den Durchlässen ist jedesmal mühsam, und bedingt eine solche Verstärkung des Zuges, daß die gewöhnliche Bespannung des Schiffes hierzu in den meisten Fällen nicht genügt. Es ist daher nothwendig, vor dem Einfahren in die Rinne noch Vorspann zu nehmen, oder man muß gewisse mechanische Vorrichtungen benutzen, wie dieses nach der obigen Mittheilung auch auf der Lahn geschah. Außerdem wird der Leinenzug durch die Rüstung, worin das Schütz hängt, unterbrochen, während es dennoch nothwendig ist, das Schiff aus der Rinne herauszuziehen, weil es erst zwischen den zurücktretenden Flügelwänden an eine Stelle gelangt, wo die Strömung mäßiger wird und es sicher befestigt werden kann. Zuweilen hilft man sich damit, daß die Pferde das Schiff anfangs nur bis gegen das Schütz ziehen, worauf es in dem heftigen Strom so lange liegen bleibt, bis die Pferde weiter stromaufwärts geführt sind, und die Leine unter dem Schütz hindurch an das Schiff zurückgebracht ist.

Pechmann empfiehlt die an der Vils und Naab übliche Methode, wobei die Zugleine nicht, wie sonst geschieht, am vordern Theile des Schiffes, oder an der Stelle, wo der Mast zu stehen pflegt, sondern hinten befestigt wird. Diese Anordnung ist in sofern nicht nachtheilig, als ein Drehen wegen der beschränkten Breite des Durchlasses doch nicht erfolgen kann. Die Leine wird dabei aber nicht unmittelbar an das Schiff gebunden, sondern über einen einscheibigen Block gezogen, der neben dem

er befestigt ist. Das eine Ende des Zugtaues wird oberhalb des Durchlasses an einen Pfahl auf dem Ufer gebunden und andere werden die Pferde gespannt. Die Kraft, welche sie ausüben, darf daher nur etwas größer sein, als die des Widerstandes, den das Schiff erfährt. Das Schiff wird dann aufgezogen, daß es mit seiner ganzen Länge im Oberwasser schwimmt. Sollte diese Anordnung wegen besondrer Localitäten sich verbieten, so kann man die Leine noch über eine Rolle, die an der Gießsäule befestigt ist, und alsdann die Leine in jeder beliebigen Richtung am Ufer gehn lassen. Hierdurch wird auch Gelegenheit geboten, den Leinpfad zur Seite des Schiffes wieder zu benutzen. Dieser Leinpfad steigt nämlich nicht ungefähr eben so steil an, wie der Durchlaß selbst, aber pflegt er aber noch steiler zu sein, woher die Pferde, wenn sie ihn erstiegen, keinen bedeutenden Zug ausüben können. Verstärkt sich aber, wenn sie unter solchen Verhältnissen entgegen gesetzten Richtung gehn. Man spannt daher die Leine, nachdem dieselbe über eine feste Rolle am Ende des Durchlasses geschlungen ist, und läßt sie, während sie den Zug ausüben, den Leinpfad herabgehn. Endlich ist noch zu bemerken, daß man in manchen Fällen die Leine oberhalb des Schiffes an das Ufer oder einen Anker im Strom befestigt und mittelst einer kräftigen Winde-Vorrichtung, die sich auf dem Ufer befindet, heraufzieht.

Ein Beispiel eines größern Schiffsdurchlasses mag derjenige sein, den man in Traunfall in Ober-Oesterreich findet. Die Traun, die sich neben dem Dorfe Traunfall in Ober-Oesterreich befindet, beträgt nach Wiebeking's Angabe 48 Fufs. Die Traun ist von Ischl abwärts schiffbar, indem sich hier die Traun mit den Zuflüssen aus dem Hallstädter- und Ober-See vereinigen. Von dort weiter tritt sie wieder in einen See, den Traunsee, in den eine Meile unterhalb Gmunden, wo sie denselben verläßt, in dem engen Felsenthal den Wassersturz, der dem Dorfe Traunfall den Namen gegeben hat. Aehnliche, jedoch kleinere Wasserfälle wiederholen sich in ihrem Lauf, und jedesmal wird ein Schiffsdurchlaß der Uebergang über dieselben vermittelst der Constructionen, sowohl Wehre als Leinpfade, Schränkungswerke und zum Theil selbst die Schiffsdurch-

lässe stimmen mit dem §. 31 beschriebnen Senkkasten überein, bestehn in dichten Holzwänden mit Steinschüttung.

Die Schifffahrt auf der Traun beschränkt sich auf den Transport aus dem Salzkammergut nach der Donau. Die Schiffe, die hier fahren, sind ungefähr 90 Fufs lang, 18 Fufs breit, gehen beladen bei kleinem Wasser wenig über 2 Fufs tief, werden ausser dem Steuerruder mittelst Schurbäumen, und an Stellen, wo die Tiefe die Benutzung der letztern nicht gestattet, durch kurze Brettstücke an Stielen regiert, die man an verschiedenen Stellen und namentlich in der Nähe des Vordertheils schräg ins Wasser hält und die in derselben Weise, wie das eigentliche Steuerruder wirken. Die Schiffe befahren nicht nur die Traun, sondern setzen den Weg auf der Donau ab- und aufwärts von Linz, Passau und zum Theil bis Wien fort. In neuerer Zeit hat jedoch die Bergfahrt auf der Traun ganz aufgehört, wobern die Schiffe meist, sobald sie die Donau erreicht haben, entladen und zerschlagen werden.

Fig. 250 Taf. XXXII zeigt die Lage des Wehrs und des Schiffsdurchlasses *). Der Stau ist grossentheils schon durch Natur gebildet, indem eine Felsbank durch den Strom setzt, welche mit mächtigen Steinblöcken überdeckt ist. Das Wehr ist nicht sowohl ein zusammenhängender Bau, als es vielmehr die Zwischenräume zwischen den einzelnen Blöcken schliesst. Ausserdem ist es durch eine Menge Steifen gegen andre Felsen gestützt. Zwischen seinem obern Ende und dem linken Ufer befindet sich bei *D* eine Freiarche, die durch ein Schütz von 24 Fufs Breite geschlossen ist, und zur Abführung der Fluthen dient. Das Gefälle beträgt hier etwa 40 Fufs, in dem Unterwasser liegt bis zur Ausmündung des Schiffsdurchlasses bei *B* noch ein Gefälle von etwa 8 Fufs, so dass das ganze Gefälle der Rinne, wie oben erwähnt, 48 Fufs beträgt. Das untere Ende des Wehrs lehnt sich an die linke Seite des Schiffsdurchlasses. Weiter rechts unmittelbar neben dem Ufer befindet sich das Mühlengerinne, durch welches zwei Mühlen getrieben werden. Das Betriebswasser derselben

*) Diese Situations-Charte ist aus Wiebeking's Wasserbau genommen, doch sind einige Aenderungen nach sonstigen Notizen und Wahrnehmungen eingeführt.

dem Schiffsdurchlasse zu, und zwar ziemlich nahe an der obern Mündung, woher die Mühlen nur einen kleinen Theil des Gefalles benutzen.

Der Schiffsdurchlaß erstreckt sich von *A* bis *B* und seine Länge beträgt nach der Wiebekingschen Charte 1350 Wiener 41 Rheinländische Fufs. Sein relatives Gefälle ist sonach 28. Die Breite mißt im obern Theil des Durchlasses bis zum Schütz 30 Fufs, zwischen dem letztern und der Einmündung des zweiten Mühlen-Canals nur 20 Fufs und von hier ab bis ans Ende 24 Fufs. Das Schütz zum Schliessen des Durchlasses befindet sich bei *C* seine Breite oder die lichte Entfernung zwischen den Briesäulen beträgt 22 Fufs. Das Schütz wird mittelst einer unter befindlichen Welle und eines Haspelrades gehoben.

Der Schiff-durchlaß ist sowohl in der Sohle, wie in den Wänden mit Holz verkleidet, letztere bestehen aus je vier über einander liegenden und durch Erdanker gehaltenen Balken. Diese sind etwas rückwärts geneigt. Zwischen dem Durchlaß und dem Strombett befindet sich der Leinpfad, der jedoch zur Zeit nicht mehr benutzt wird. Er ist theils durch Schüttung gebildet, theils aber ist er über roh geebnete Felsen geführt. Die Bergfahrt war früher (1823) in der Art, daß je zwei Schiffe zusammen kamen, von denen jedes mit zwei Pferden bespannt war. Durch die untern kleinen Durchlässe fuhren sie hindurch, indem die vier Pferde zuerst vor das eine und dann vor das andre Schiff gelegt wurden. Diese Bespannung war aber für den Traunfall nicht geeignet. In einer im rechtsseitigen steilen Felsufer künstlich gehauenen Höhle, die als Stall diente, standen vier andre Pferde. Jedes einzelne Schiff wurde mit acht Pferden bespannt, und diese kamen man zuerst über die Brücke nahe der untern Mündung des obern Durchlasses auf dessen linkseitiges Ufer. Die Zugleine wurde dann unter der Brücke hindurchgezogen, und indem ein mäßiger Zug durch das Öffnen des Schützes eintrat, stieg das Schiff langsam, aber doch ohne übermäßige Anstrengung der Pferde über die Mündung des zweiten Mühlen-Canals hinauf. Hier wurde es angehalten werden, indem der Leinenzug in dieser Weise weiter fortgesetzt werden konnte. Das Schiff wurde im Strom festgebunden. Die Pferde gingen über die obere Brücke auf das rechte Flußufer und zwar bis gegen die etwas

vortretende Ecke bei *E* oberhalb des Schiffsdurchlasses. Von hier wurde die Leine in einem Nachen unter dem inzwischen vollständig geöffneten Schütz hindurch ans Schiff gebracht, wobei die Leine scharf gespannt gehalten wurde, um das Forttreiben des Nachens zu verhindern. Schliesslich erfolgte der Zug vom rechtseitigen Leinpfade aus, bis das Schiff in das Oberwasser trat, worauf es festgelegt wurde und bis zur Ankunft des zweiten Schiffes liegen blieb.

Sehr interessant ist es, die Schiffe hier herabfahren zu sehen. Nach meiner Schätzung betrug ihre Geschwindigkeit etwa 26 Fuss in der Secunde. Sie war so gross, dass man während des Vorüberfahrens kaum bemerken konnte, wie viel Leute sich auf dem Schiff befanden. Das Wasser selbst hatte indessen nicht diese Geschwindigkeit, woher der Boden der Rinne hinter dem Schiff ganz trocken erschien. In geringer Entfernung folgte jedoch eine hohe Welle, worauf die Rinne sich wieder mit Wasser füllte. Der Wasserdruck dicht vor dem Schiffe war so gross, dass namentlich an den Seitenablässen Wasserstrahlen plötzlich 3 bis 4 Fuss hoch aufstiegen. Während des Herabfahrens findet keine Gefahr statt, indem das Schiff durch die schmale Rinne, die nur wenige Fuss Spielraum lässt, sicher geleitet wird, bei der grossen Geschwindigkeit lassen sich hier auch keine andre Vorsichtsmaassregeln ergreifen. Die Mannschaft steht daher ruhig im Schiff mit den erwähnten kleinen Steuerrudern in der Hand, und sobald das Unterwasser erreicht ist, müssen diese sogleich eingesetzt werden, damit das Schiff nicht etwa auf die Felsen vor dem rechten Ufer aufläuft. Bei der grossen Geschwindigkeit gegen das Wasser, das hier zwar schäumt und wirbelt, aber im weiten Profil nur langsam fließt, dreht das Schiff auch sogleich und sicher nach der linken Seite und tritt in das offene Fahrwasser.

Auffallend sind die kleinen Seitenablässe, die einen Theil des Wassers aus der Rinne nach dem Strom führen. Sie waren eben sowohl, wenn Schiffe herauf-, als herabgingen, geöffnet, doch führten sie nur wenig Wasser ab, weil dasselbe bei der grossen Heftigkeit des Stroms die Seitenrichtung nicht schnell genug annehmen konnte.

Bei meiner letzten Anwesenheit (1871) hatte die Bergfahrt aufgehört, und die zum Theil auf Senkkasten ruhenden Leinpfade,

die Leinpfadsbrücken waren nicht mehr sicher zu

zu Schiffs-Durchlassen muß man noch die Oeffnungen zuweilen ohne Vorkelrung zum Schließen in den angbracht sind. Die Rinne, welche die Schiffe in diesem waren müssen, ist gemeinhin weder gehörig regulirt, und selten eingefalst, noch auch im Boden mit Holz bekleidet. Anlagen sind so unvollkommen, und häufig so gefährlich, Flüsse, auf denen sie vorkommen, kaum schiffbar nennen der Sauer, auf der Grenze zwischen Preussen und Luxembünden sich Anlagen dieser Art in großer Anzahl. Die daneben verlieren um so mehr Wasser, je tiefer jene sind, daher im Interesse der Müller, sie recht flach zu halten zu geben die unregelmässig auf die Wehre aufgeworfenen nicht Veranlassung. Das Durchfahren durch die Rinne ist heftigen Strömung und der darin liegenden groben Geschiebe oft mehrere Cubikfuß halten, im höchsten Grade ge-

Die Schifffahrt hört daher bei kleinem Wasser auf, und bei höhern Anschwellungen betrieben, doch auch nur mit die so wenig tief gehn, daß sie diese Geschiebe nicht

Der heftige Strom räumt alsdann vielfach die Rinne, dass die Wassertiefe darin noch etwas größer, als auf dem ist.

In vielen Fällen umgeht man die Wehre auch in offenen Armen, wenn diese ziemlich enge und bedeutend länger der Hauptstrom. Zu ihrer Sicherung ist die gehörige der Ufer erforderlich, während sie wegen der Krümmungen, unbrückten Brent- und der starken Strömung doch keinen Durchgang den Schiffen bieten. Ein Beispiel dieser Art an der Werra, dem Städtchen Hedemünden gegenüber, Schiffe durch einen schmalen linkseitigen Arm das Wehr

Dieser Arm hatte sich jedoch vor etwa 20 Jahren dicht des Wehrs mit dem Hauptstrom vereinigt, wodurch seine noch unbequemter wurde, als sie früher war. In gleicher wird auch das in der Oder liegende Wehr bei Oppeln in engen und vielfach gekrümmten Arme, der Weeske, umfahren.

§. 60.

Leinpfade.

Indem die stromaufwärts gehenden oder in der Bergfahrt griffenen Schiffe die ihnen entgegentretende Strömung überwinden müssen, so genügt der Wind nur selten, um sie mit einiger schwindigkeit in dieser Richtung in Bewegung zu setzen. muß daher eine äußere Zugkraft zu Hülfe nehmen, und dieses stand, so lange Dampf-Schleppschiffe noch nicht üblich waren, zugweise im Leinenzuge durch Pferde. In Frankreich, wie im westlichen und südlichen Deutschland und auf den Engländer Canälen ist diese Art des Schiffahrtsbetriebes seit langer Zeit üblich, während im östlichen Theil von Deutschland die Benutzung Pferde zu diesem Zweck nicht statt findet, vielmehr der Leinenzug nur durch Menschen ausgeübt werden darf. Diese wesentliche Versauerung des Verkehrs rührt vielleicht davon her, daß der Grundbesitz die Einführung des Leinpfad-Servituts nicht stattete. Dieses Servitut ist ohne Zweifel für die Ufer-Besitzer höchst lästig. Nach der Französischen Gesetzgebung und nach der Ordonnanz von 1669, die auch in der Preussischen Rheinprovinz galt, mußte ein Leinpfad von 30 Fuß Breite längs des Ufers für Zugpferde frei gegeben werden. Diese Bestimmung war aber sehr ungenau, da nach den verschiedenen Wasserständen die Pferde bald hier und bald dort geführt wurden. Die Verpflichtung zur Darstellung eines stets gangbaren und festen Weges war damit nicht verbunden, und sonach blieb die Ausübung des Leinenzugs in vielen Fällen überaus schwierig, woher in neuer Zeit an den diesseitigen Strömen und namentlich am Rhein Leinpfade durch den Staat beinah vollständig ausgebaut sind.

Die Leinpfade sollen nutzbar sein, bis die Schiffahrt durch Hochwasser unterbrochen wird, aber die Schiffahrt zu Berg auf sich so lange fort, als die Leinpfade noch gangbar sind. Das ist von wesentlicher Bedeutung die Frage, wie hoch die Leinpfade liegen müssen. Bei Bestimmung dieser Höhe für die Momente man von der Voraussetzung aus, daß durchschnittlich in je

ad während 10 Tagen überfluthet würde. Ein großer Zeit trifft aber mit dem Eisgange zusammen, oder mit Wasserständen, daß der starke Strom die Schifffahrt verbietet, wenn die Leinpfade auch höher lägen.

findet fast jedesmal Ufer, welche die erforderliche Höhe haben, so daß sie für die Ausübung des Leinenzugs nicht mehr geeignet sind, wenn sie von dem Schifffahrtswege zu weit entfernt sind. Welche große Erschwerung des Zuges und welche sonstigen Nachteile aus der weiten Entfernung des Leinpfads hervorgehn,

§ 57 erwähnt. Es entsteht daher die Frage, wie weit der Leinpfad von dem Fahrwasser ohne wesentlichen Nachtheil für die Schifffahrt entfernt sein darf? Eine allgemein gültige Antwort hierauf nicht zu geben, und gewiß ist für größere Entfernungen auch eine größere Entfernung zulässig. Man muß, um zu einem richtigen Urtheil zu bilden, die Art des Schifffahrts auf den betreffenden Strömen näher untersuchen, und sich auch aus andern Stellen, wo die Schifffahrt noch nicht wesentlich behindert erscheint, auf diejenigen Maßregeln schließen, die in jedem einzelnen Falle zu ergreifen hat. Die Entfernung des Leinpfads kann um so größer sein, je mehr dessen Richtung mit der des Fahrwassers zusammenfällt. Der nachtheiligste Fall entsteht, wenn das Schiff in großer Entfernung vom Leinpfade sein muß, um noch weiter entfernen zu müssen, und dieses geschieht gerade in Stromkrümmungen, wenn der Leinpfad auf dem convexen Ufer liegt, während das Fahrwasser, wie gewöhnlich, auf der concaven Seite sich hinzieht. Alsdann weicht die Richtung der Leine sehr stark von derjenigen ab, welche das Schiff verfolgen muß.

Man macht ist, wie bereits erwähnt, die weite Entfernung des Leinpfads um so nachtheiliger, je heftiger die Strömung und je stärker das Fahrwasser ist. Auch die herrschende Windesrichtung ist bei von wesentlichem Einflusse, denn die sehr schräg gegen die Leine zieht schon jedesmal das Schiff nach dem Leinpfads-Ufer, und man kann es davon nur entfernt halten, indem man es auf dem entgegengesetzten Ufer richtet. Trifft es sich aber, daß der Wind es in derselben Richtung, wie die Leine ablenkt, so ist häufig das Vorbeifahren an vortretenden Sandbänken oder Röhren ganz unmöglich. Man muß daher bei der Strom-

regulirung die Lage des Leinpfads nie unberücksichtigt lassen, selbst mit Aufopferung mancher andern Vortheile sich immer mühen, das Fahrwasser möglichst nahe an den Leinpfad zu bringen. Diese Rücksicht ist auch bei der Wahl zwischen zwei Stromwegen besonders wichtig.

In regelmässigen Stromstrecken, so wie in solchen, die besonders stark gekrümmt sind, darf der Leinpfad unbedeutend dem Fahrwasser gegenüber liegen, denn es ist nicht unbillig, dem Schiffer zu verlangen, das er mit hinreichenden Leinen zusehn sei, um das ganze Strombett zu überspannen. Nur auf den größten Strömen, wo zugleich ein starker Verkehr stattfindet, wird hiervon eine Ausnahme gemacht, und die Stromregulirungen haben daselbst oft keinen andern Zweck, als das Fahrwasser dem Leinpfade näher zu bringen.

Wenn die Ufer sehr niedrig und sumpfig sind, kann der Leinweg nicht in der Nähe des Strombetts ausgeübt werden, die Pferde müssen alsdann auf dem höhern Ufer gehn, wodurch wieder eine Verlängerung der Leine und eine schrägere Richtung derselben bedingt wird. Liegt das höhere Ufer soweit entfernt, daß der Leinweg dadurch wesentlich erschwert wird, so muß der Leinpfad künstlich ausgebaut werden. Er bildet alsdann einen erdbenen Damm, der sich über die niedrige Uferstrecke zur Seite des Stroms hinzieht, und dem Fahrwasser möglichst nahe und parallel zu demselben liegt. Besonders dürfen darin aber keine scharfe Krümmungen vorkommen, wobei die Pferde der Gefahr ausgesetzt würden herabgerissen zu werden. Vielfach befinden sich solche niedrigen Uferstellen vor den Mündungen der Bäche und Seitenflüsse, und dürfen alsdann die erforderlichen Brücken darin nicht fehlen.

Die Grundbesitzer sehn es fast immer sehr gern, wenn ein Leinpfadsbau zur Ausführung kommt, denn wenn die Bodenfläche, worauf derselbe geschüttet wird, auch keinen Ertrag mehr giebt, so hört dadurch nicht nur das fernere Betreten der Wiesen auf, sondern außerdem übernimmt der Staat in dem Fall gemeinhin stillschweigend auch die Verpflichtung zur Deckung des Ufers, insofern er den ausgebauten Leinpfad nicht der Gefahr aussetzen darf, durch fernern Abbruch der Ufer zerstört zu werden. Dieser Gewinn ist aber für den Grundbesitzer um so bedauerlicher, als das Leinpfads-Servitut keineswegs erlischt, wenn der b

Leinpfad durch Zerstörung der Ufer im Strom versunken ist, vielmehr muß alsdann der nächste Uferrand für den Leinzug wieder her gegeben werden.

Wenn der ausgebaute Leinpfad in größere Entfernung vom Strom gelegt werden muß, so sieht man sich oft gezwungen, noch einen zweiten oder sogenannten Sommerleinpfad auf dem niedrigen Ufer einzurichten. Gemeinhin braucht man für einen solchen nur die Abgänge vom Hauptleinpfade darzustellen.

Eine fernere Veranlassung zum Ausbau der Leinpfade geben hohe und steile Ufer, und zwar nicht nur in Gebirgs-Gegenden, sondern häufig auch im flachen Lande. Die obige Höhe der Leinpfade bezeichnet nur die untere Grenze derselben, während eine etwas größere Erhebung ohne Nachtheil ist. Doch muß man dafür sorgen, daß die Pferde, während sie einen starken Zug ausüben, nicht zugleich steil ansteigen. In der Richtung, in welcher die Pferde ziehn, dürfen daher keine starke Steigungen vorkommen, oder der Pfad muß sich stromaufwärts immer sanft erheben. Vielleicht sind höhere Ufer durch Einrisse unterbrochen. Diese müssen durchschüttet, oder wenn sie zu Zeiten Wasser abführen, überbrückt werden, und es bedarf alsdann einer sorgfältigen Ueberlegung, in welcher Höhe der Leinpfad sich am leichtesten ausführen läßt und zugleich die meiste Bequemlichkeit bietet.

Gewöhnlich erhält der Leinpfad unter solchen Verhältnissen die erforderliche Breite dadurch, daß man ihn zum Theil in das Ufer einschneidet, und theils aus dem dadurch gewonnenen Material ausschüttet. Letzteres ist aber dem Angriff des Stroms bloßgestellt, und würde sonach wieder fortgespült werden, wenn es unbefestigt bliebe. Aus diesem Grunde ist man gezwungen, die Leinpfadbearbeitung gleich als Uferdeckung zu behandeln, und sie entweder zu bepflanzen, oder, wo ein starker Angriff des Stroms zu besorgen ist, mit einer Steindecke oder trocknen Mauer zu schützen. Die Ueberragungen dürfen aber nirgend vortretende Ecken bilden, müssen vielmehr in sanften Linien das Flatsbett begrenzen.

Endlich wird der Ausbau eines Leinpfades häufig noch dadurch veranlaßt, daß das Ufer sehr sumpfig ist und die Pferde beim Betreten desselben tief einsinken. Erhöhungen pflegen in diesem Fall wenig zu helfen, weil sie den Abfluss des Wassers sperren und sonach der neue Damm bald wieder durchnäßt wird,

und seine Festigkeit verliert. Die Anlage von Brücken oder von Sicker-Kanälen muß daher mit der Dammschüttung verbunden werden. Einfacher ist es jedoch in vielen Fällen, nur für die Befestigung des Grundes zu sorgen, und eine Steinpackung zu überpflastern. Wo das Wasser aber bei Anschwellungen besonders stark übertritt, sind flache Mulden anzubringen. Man bemüht sich auch häufig bei weichem Untergrunde, die Decke möglichst leicht zu halten, woher man in Frankreich versucht hat, in solchem Falle Ueberschüttungen mit einer Art Bèton aus möglichst wohlfeilem Material darzustellen.

Die Leinpfade sind häufig noch besondern Beschädigungen durch das Hochwasser ausgesetzt, wenn sie auf niedrigem Terrain in einer Weidenpflanzung liegen. Letztere fängt zur Zeit der Ueberfluthung die vorbeistreibenden Sand- und die Erdmassen auf, woher der Boden unter ihr sich nach und nach erhebt, während der innundirte Leinpfad einen Canal bildet, der durch die heftige Strömung sich im Ganzen und besonders stellenweise immer mehr vertieft. Die Erhöhung des Pfades durch Sand und selbst durch gröbern Kies ist erfolglos, da dieser schnell ausgespült wird. Am vorthellhaftesten ist es, in geringen Abständen niedrige Flechtzäune hindurchzuziehen, und zwischen diesen die Anschüttungen zu machen.

Die Breite der Leinpfade wird gemeinhin zu 12 Fuß angenommen. Bei kleinen Strömen, wo die Schiffe nur durch ein Pferd gezogen werden, und zugleich die Strömung schwach ist und der Leinpfad nahe am Fahrwasser liegt, kann die Breite auch noch geringer sein, und auf die Hälfte reducirt werden. Andererseits ist aber die angegebene Breite bei starker Bespannung und im heftigen Strom nicht genügend. Sobald die Pferde einen kräftigen Zug ausüben, stellen sie sich in die Richtung der Leine. Sind daher an die einzelne Leine mehr als zwei Pferde gespannt, so reichen sie weit über den Pfad von 12 Fuß Breite herans. Die Rheinstraße im Coblenzer Regierungs-Bezirk, die theilweise zugleich Leinpfad ist, wird nicht selten durch die Leinpferde so vollständig gesperrt, daß alle Fuhrwerke warten müssen, bis die Pferde von der Chaussee auf den besonders angebauten Leinpfad übertreten sind.

Manchen Schwierigkeiten in der Einrichtung der Leinpfade würde man mit Leichtigkeit begegnen, wenn man beliebig, so oft

man wollte, von einem Ufer auf das andre übergehn dürfte. Dies verbiethet sich indessen gemeinhin schon dadurch, daß das Schiff nur auf einem Ufer haftet, außerdem ist aber das Ueberbringen der Leinpfade, oder das sogenannte Ueberschlagen oder Herüberziehen so mühsam und zeitraubend, daß es soviel wie möglich zu vermeiden werden muß. Häufig liegt einem Leinpfadsbau keine andre Absicht zum Grunde, als einen Theil der bestehenden Leinpfadlage entbehrlich zu machen. Wenn die Pferde an das andre Ufer gebracht werden sollen, muß man das Schiff vor Anker legen, die Leine einholen, die Pferde herüberschaffen, alsdann mit dem Nachen, worin die Leine liegt, bis zu der Stelle herauffahren, wo die Pferde wieder vorgespannt werden sollen, ferner die Leine am Ufer geben und deren andres Ende nach dem Schiffe bringen und sie aufs Neue im Maste einscheeren und die Anker lichten. Selbst auf kleinen Strömen verursacht ein Ueberschlag den Zeitverlust von etwa zwei Stunden, am Rhein dauert es aber jedesmal wenigstens vier Stunden, bis das Schiff wieder in Fahrt kommt, obwohl dabei immer Fahranstalten zum Herüberschaffen der Pferde benutzt werden. Nur auf der Ems, wo die Strömung sehr mäßig ist, wird das Pferd in demselben Schiffe, welches es zieht, so oft es nothig ist, übergesetzt. Das Schiff, Pünke genannt, ist zu diesem Zweck vorn nicht zugespitzt, sondern wie eine gewöhnliche Fähre stark verbreitert, und mit einer Brücke versehen, auf welche das Pferd hinauf springt, sobald es an das andre Ufer gebracht werden soll.

Damit der Leinenzug nicht behindert werde, muß der Raum zwischen dem Strom und dem Leinpfad frei bleiben. Es genügt aber keineswegs, daß hier nicht etwa Bäume u. dgl. stehn, sondern es dürfen auch keine niedrigen Gegenstände sich dazwischen befinden, woran die Leine hangen bleiben könnte. Letztere fällt durch der Spannung ohnerachtet vermöge ihres Gewichts hinter die Pferde auf den Boden, und streift über denselben fort. Sie pflegt sonach an jedem Stein, Strauch u. dgl. hängen, wenn sie nicht vollrecht herüberschlüpfen kann. Um letzteres zu befördern, werden vielfach die sogenannten Stretchhölzer oder Streichhölzer angebracht, die schräg vom Boden aus bis über die hinderlichen Gegenstände ansteigen und auf denen die Leine darüber gleitet. Dieselben dürfen namentlich vor allen Zäunen, Ge-

ländern u. dgl. nicht fehlen, damit die Leine immer von selbst auf diese heraufziehen kann. Nichts desto weniger genügt die Vorsicht in vielen Fällen noch nicht, um die Leine frei zu erhalten, da sie häufig an Wurzeln, selbst an Unebenheiten im Rasen verhaftet. Alsdann muß ein Mann hinter dem Pferdezuge gehen, überall, wo es nöthig ist, die Leine frei zu machen. Besonders muß derselbe die leichten Thore in den Zäunen, welche zur Begrenzung der Viehweiden dienen, öffnen und wieder schließen, dafür sorgen, daß die Leine auch hier nicht hängen bleibt.

Die Beschädigungen, welche die Leine durch das Streichen über den Boden verursacht, sind sehr groß. Eine Benutzung des Vorlandes zum Gartenbau oder zur Gewinnung von Feldfrüchten wird beinahe unmöglich, nur wenn der Leinpfad bedeutend breit ist, kann man bei geringer Breite eines davor liegenden Gartens diesen durch Streichbäume schützen, die sich über seine ganze Länge hinziehen. Gemeinhin wird der Uferrand als Weide oder Wiese benutzt, doch auch auf die Grasnarbe übt der Leinenzug einen nachtheiligen Einfluss. Die Leine verhindert nämlich nicht nur bei frequenter Schiffahrt die Bildung des neuen Rasens, sondern selbst wo ein solcher besteht, zerstört sie ihn. Besonders zeigt sich dieses auf höhern und sandigen Ufern, wo der Graswuchs durch die Trockenheit des Bodens schon an sich erschwert ist, und daher einer besondern Schonung bedarf.

Auch das Bepflanzen des Vorlandes mit Weidensträuchern wird durch den Leinenzug erschwert, namentlich leiden die Stecklinge, ehe sie angewachsen sind, durch die darüber streifende Leine. Eine große Anzahl derselben wird herausgerissen oder abgebrochen, so wie auch die Triebe im ersten Entstehen abbrechen. Man muß daher eine ununterbrochene Leitung der Weiden durch Streichhölzern darüber anbringen, oder man gräbt in geringen Entfernungen von einander starke Zweige etwas schräge in den Boden ein, welche in ähnlicher Weise, wie das lebendige Weidengebüsch, sich zwar unter dem Gewicht der Leine biegen, aber dieselbe doch tragen und ihr Herabsinken auf den Boden verhindern. Auch geschieht es, daß man ganze Faschinen dem Stammende in den Boden befestigt, aber jedenfalls müssen diese eben so, wie die einzelnen Zweige, schräg und so nebeneinander stehn, daß sie sich gegenseitig decken und

in der Leine auf die neue Pflanzung überall verhindern. Pflanzungen werden besonders stark beschädigt, wenn auch bei Abzug zuweilen der Leinenzug ausgeübt wird, indem die Leine dann wegen der entgegengesetzten Richtung überall längen und alle Schutzvorrichtungen herausreißt. Sobald die Pflanzungen gewachsen sind, vertreten die lebendigen Weidenruthen jene künstlichen Vorrichtungen, indem die Triebe in der nämlichen Richtung wiederholten Umlegens allmählich nach außenwärts neigen. Will man die Pflanzungen aber abbrechen, so muß man in geringen Entfernungen einzelne Büschel schneiden, welche in gleicher Art, wie jene Faschinen, den Aufschlag schützen.

Wenn der Leinpfad in einer scharfen Stromkrümmung auf dem convexen Ufer liegt, so geschieht es häufig, daß die Leine von den Pferden sich über den Pfad hinaus landwärts zieht, wodurch eine für den Zug noch ungünstigere Richtung entsteht. In solchem Falle ist es schon vortheilhaft, wenn Baumstämme oder andre Gegenstände an der innern Seite des Leinpfades die Leine aufhalten. Dieselbe schneidet darin aber tiefe Rinnen ein, und dasselbe geschieht auch im Laufe der Zeit, wenn man neue Schienen darüber nagelt.

Obgleich auch die Leinen hierbei stark leiden, so empfiehlt es sich, Leitleitrollen aufzustellen. Diese müssen so einrichten sein, daß die Leine sich von selbst auf sie auflegt und etwa unter der Rolle die eiserne Pfanne trifft, worin die Rolle sich dreht. Man stellt zu diesem Zweck einen schrägen Pfahl vor, der mit einer Eisenschiene versehen ist. Zuweilen giebt die Rolle auch einen vorstehenden Rand am untern Ende, doch nicht nöthig ist, sobald der schräge Pfahl hinreichend hoch ist. Eine große Höhe der Rolle ist gemeinlich nicht nothwendig, denn sobald das Schiff so nahe gekommen ist, daß die Leine merklich über den Boden erhebt, so ist der Zweck der Vorrichtung bereits erfüllt und die Leine entfernt sich von der Rolle, woher dieselbe meist nur etwa 4 Fuß lang zu sein braucht. Alsdann ist sie auch weniger der Gefahr ausgesetzt, umgeworfen zu werden, was bei einer langen Rolle fast jedesmal eintritt. Sobald sich aber wirft oder krümmt, so hört ihre Beweglichkeit auf, weil der starke Seitendruck sie in derjenigen Stellung

festhält, wobei die Leine sich am meisten der geraden Richtung nähert. Endlich ist noch dafür zu sorgen, daß die Leine, wenn sie oben abgleitet, nicht etwa wieder die eiserne Achse oder die Pfanne trifft. Die in Fig. 249 a. auf Taf. XXXI. in der Seitenansicht und Fig. 249 b. im horizontalen Durschnitt (nach der punktierten Linie) dargestellte Anordnung entspricht diesen Anforderungen, und besitzt hinreichende Festigkeit, doch muß die Rolle nach Maßgabe ihrer Länge wenigstens 8 bis 10 Zoll stark sein.

Vor bedeutenden Handelsplätzen wird der Leinenzug gemeinhin durch das Werft unterbrochen, woselbst die Schiffe anlegen und entladen oder befrachtet werden. Wenn das Schiff durch die Pferde auch nicht bis unmittelbar vor das Werft gezogen werden kann, so ist es doch immer wichtig, dasselbe so weit zu bringen, als irgend möglich. Zu diesem Zweck pflegt man an der Stelle, wo der Leinenzug aufhört, eine horizontale Leitrolle anzubringen, über welche die Leine geschlungen wird, so daß die Pferde auf dem Leinpfade wieder zurückgehn, während sie das Schiff noch weiter heraufziehen. Ein solche Rolle unterscheidet sich jedoch von der oben beschriebenen dadurch, daß sie etwa 2 Fuß im Durchmesser hält und nur so hoch ist, daß die Leine in der Rille Platz findet. Gewöhnlich besteht sie aus Gufseisen, und ruht auf einer von mehreren Pfählen getragenen und gehörig verstreuten Rüstung.

An manchen Stellen müssen die Pferde einen besonders starken Zug ausüben und namentlich geschieht dieses, wenn der Strom sehr heftig, oder ein starkes Gefälle zu überwinden ist. Hierbei tritt leicht für die Pferde eine große Gefahr ein, und es gehört keineswegs zu den seltenen Erscheinungen, daß sie durch die Leine herabgerissen werden und im Strom ertrinken. Um dieses zu verhindern, werden an denjenigen Stellen, wo dieses zu besorgen ist, zur Seite des Leinpfads oder in demselben gewisse Vorrichtungen zum Befestigen der Leine angebracht. So findet man an der Donau neben den wildesten Stromstrecken Ringe zur Seite des Leinpfads, und sobald der Treiber merkt, daß die Kraft der Pferde erschöpft ist, so zieht er das vordere Ende der Leine, welches zu diesem Zweck frei bleibt, durch einen Ring und knüpft es daran fest. Die Pferde dürfen alsdann zurücktreten, indem das Schiff schon durch den Ring hinreichend gehalten wird, bis sie wieder

cher Kraft anziehen können. Auch in andern Fällen wird dieser eine große Bequemlichkeit geboten, wenn neben dem die Gegenstände vorhanden sind, an welche er die Schiffe anheften kann, ohne Anker auszusetzen.

Vor den Mündungen der Nebenflüsse und Bäche, die in den Hauptstrom ergießen, liegen häufig ausgedehnte Sand- und Kiesfelder, über welche bei niedrigem Wasser die Leinpferde gezogen werden können, doch wird daselbst bei höhern Wasserständen der Uebergang oft gefährlich oder unmöglich. Wenn sonach keine Leinpfads-Brücken erbaut sind, muß in diesem Fall das Schiff, nachdem es bis gegen die Mündung des Baches gezogen ist, vor Anker gelegt werden. Man zieht dann die Pferde zur Seite des Baches bis zu einer Brücke oder zu einer Stelle, wo ein gefahrloser Durchgang möglich ist, und läßt sie alsdann am andern Ufer des Baches wieder bis zum Strom zurückgehen. Es darf kaum erwähnt werden, welcher Aufenthalt hierdurch veranlaßt wird, namentlich wenn die Brücke über den Bach, wie oft der Fall ist, erst in der Entfernung von einer halben oder ganzen Meile zu finden ist. Leinpfads-Brücken sind daher als wesentliche Theile eines Leinpfades anzusehn, Seitens der Preussischen Regierung sind sie auch an allen Strömen in der Rheinprovinz und Westphalen vollständig eingerichtet.

Die Erbauung der Leinpfads-Brücken bietet häufig große Schwierigkeiten, namentlich wenn das höhere Ufer zu weit zurückliegt, so daß es noch für den Leinenzug benutzt werden könnte. Es darf alsdann die beiderseitigen Rampen, welche zur Brücke führen, nicht über das höchste Wasser erheben, und sonach kann die Brücke selbst auch keine wasserfreie Höhe erhalten. Es bleibt nur die Wahl, die Brücke entweder so zu befestigen, daß sie bei der Ueberfluthung nicht fortschwimmt, oder sie in solcher Weise anzuordnen, daß sie bei jedem Hochwasser fortgenommen werden kann. Beides geschieht zuweilen. Der erste Fall ist der häufigere. Die Brücken sind alsdann theils massiv, theils in Holz erbaut. Im letztern Fall müssen ihre Theile durch Eisen fest verbunden sein, so daß die Pfähle den ganzen Oberbau halten. Die Brücke muß aber dennoch eine geschützte Lage haben, und wenigstens von dem Kiele nicht stark getroffen werden. Wenn man

andererseits die Brücken zur Zeit des Hochwassers abtragen, so pflegt man statt der Mitteljoche nur lose Böcke in den oder Bach zu stellen, deren Füße auf Schwellen ruhen. Die Gleichung des Grundes, die ihrer Aufstellung jedesmal, und unmittelbar nach Ablauf des Hochwassers vorangehn muß, ist dessen so schwierig und unsicher, daß man diese Methode nicht verlassen pflegt, und lieber feste Joche aus eingerammten Pfählen wählt, wenn dieselben auch häufig zerstört werden. An manchen Stellen, wo der Eisgang besonders heftig ist, bleibt eine Seilbrücke noch das bequemste Auskunftsmittel. Eine solche bedarf indessen dauernder Aufsicht, da ihre Aufstellung bei Aenderung des Wasserstandes verändert werden muß. Man kann sie daher nur in der Nähe von bewohnten Orten einrichten.

Diese Brücken-Anlagen werden wesentlich dadurch erleichtert, daß keine schwere Lasten darüber gehn, und sonach einfache Constructionen dabei gewählt werden dürfen, als sonst erforderlich ist. Wenn die Brücke nahe in der Richtung der Leine liegt, daß die Pferde keine schräge Stellung annehmen, so darf die Breite auch sehr mäßig bleiben, und zwei oder drei Brücken genügen zu genügen, die mit Rücksicht auf die erwähnte Construction ohne Nachtheil 24 Fuß, auch wohl bis 30 Fuß frei liegen.

Die Schwierigkeiten der Brücken - Anlage vermehren sich in hohem Grade, wenn der Seitenfluß schiffbar ist, oder seine Mündung zur Zeit des Hochwassers als Sicherheitshafen benutzt wird, oder wenn der Leinpfad vor einem Hafen liegt und über die Mündung geführt werden muß. Die meisten Arten der beweglichen Brücken verbieten sich in diesem Fall. Wegen der geringen Höhe darf man keine Klappen anbringen, deren Gewichte beim Oeffnen in das Wasser tauchen würden. Die Brücken mit Portalen und Zuggattern sind hier gleichfalls unbrauchbar, weil das Hochwasser sie zerstören, auch der Leinenzug das Portal und die Hängeketten der Klappe unterbrochen werden. Diesen letzten Uebelstand vermeidet man aber auf den Kanälen von Holland dadurch, daß man die Klappe nur an eine Kette, nämlich an der vom Kanal abgekehrten Seite. Alsdann verhält sich das Gatter in einen einzigen Balken, und das Portal bildet den Ständer. Auf diese Art wird die Brücke auf der dem Strom

z frei. Die Klappe ist freilich, wenn sie gehoben wird, betrieblich unterstützt, wenn sie aber an sich leicht und da-
 konstruirt ist, so leidet sie während der kurzen Dauer
 und Herablassens nicht bedeutend. Nichts desto weniger
 üßern Strömen diese Anordnung schon aus dem ersten
 t passend, und es bleibt sonach nur noch die Wahl zwischen
 und Rollbrücke. Die erstere verdient in jeder Beziehung
 , und bei der mäßigen Stärke, die sie als Leinpfads-
 zu haben braucht, ist sie in vielen Fällen mit wenigen
 zu stellen, aber immer muß noch für ihre Sicherstellung
 des Hochwassers und Eisganges gesorgt werden. Roll-
 kommen nur selten vor und sind im Allgemeinen nicht zu

schon entschließt man sich in folgenden Fällen zur Anlage
 , die auch so eingerichtet werden können, daß kein
 dabei nöthig ist, und der Pferdetreiber selbst sie jedes-
 Seite hinzieht, wo er sich befindet.

Unterbrechung des Leinpfads wird zuweilen da-
 anlaßt, daß Häuser, Gärten und andre Anlagen sich bis
 hinziehen. Gemeinhin bestehen dergleichen Verhältnisse
 ger Zeit, daß der Besitzstand durch Verjährung gesetzlich
 ist, und es bleibt alsdann nur übrig, durch Ankauf des
 ben Terrains oder durch Ausbau eines Leinpfads im
 Unterbrechung zu beseitigen. Auf den sämtlichen
 en Strömen, wo ein regelmäßiger Leinenzug besteht, ist
 nahe vollständig, und zwar größtentheils mit bedeutenden
 rechnen, so daß gegenwärtig mit wenigen Ausnahmen der
 ohne Unterbrechung vor allen Dörfern und Städten aus-
 den kann. An den größten Handelsplätzen ist solche
 ung jedoch unvermeidlich, sie wird auch schon wegen
 der Schiffe nothwendig.

sch wäre noch zu erwähnen, daß während des Baues von
 und bis zur Ausbildung des neuen Fahrwassers die Lein-
 nicht benutzt werden können. Dergleichen Erschwerungen
 fahrts - Betriebes sind während der Uebergangs - Periode
 zu vermeiden, nichts desto weniger muß man bemüht sein,
 die mögliche Erleichterung zu schaffen, und hierzu dient

namentlich die Einrichtung von Hilfsleinpfeilen, die of
wesentlichen Nutzen gewähren, wenn sie auch nur von M
betreten werden dürfen.

§. 61.

Sonstige Schiffahrts-Anlagen.

Außer den bereits erwähnten baulichen Anlagen s
Schiffahrts-Interesse noch manche andre Einrichtungen noth
die theils zur sichern Befahrung einzelner Strecken eines
theils aber auch zur Sicherstellung der Schiffe während d
ganges dienen.

Jedes Schiff ist zwar mit den gehörigen Ankern v
wodurch es, so oft die Fahrt unterbrochen wird, festgelegt
kann. Der Gebrauch des Ankers ist jedoch auf einem Str
beschränkt. In dem Fahrwasser darf derselbe jedoch nur
geworfen werden, wenn er sogleich wieder gehoben werd
also etwa behufs einer Wendung des Schiffs, oder auch i
einer augenscheinlichen Gefahr, wie z. B. wenn während d
fahrt die Leine reißt, oder die Pferde herabgezogen werden
In solchen Fällen werden enge Fahrwasser vollständig g
weil die nachfolgenden Schiffe dem ersten nicht sicher vorbe
können, und überdies für sie die Gefahr entsteht, auf den
Arm des Ankers aufzulaufen. Ein Schiff, welches sonach
Zeit vor Anker gelegt werden soll, muß an eine Stelle g
werden, wo das Strombett in großer Breite hinreichende Ti
es muß also das eigentliche Fahrwasser verlassen.

Im reinen Sande oder im sandigen Thonboden faßt der
ziemlich leicht, und hält das Schiff ganz sicher. Wenn der
aber mit Kies überdeckt ist, was bei Strömen häufig vor
so kann der Anker nicht so schnell bis zur gehörigen T
dringen, und wird oft, besonders bei heftiger Strömung, so
fortgezogen, bis er endlich zufälliger Weise den nöthigen
stand findet, und das Schiff am weitem Treiben verhin
kann sonach leicht geschehn, daß das Schiff, wenn man si
gehörig breite und tiefe Stelle des Stroms ausgesucht

den Anker nicht gehalten, sondern auf Untiefen geschoben wird, die weiter abwärts liegen.

Zuweilen bringt man den Anker auch auf das Ufer und läßt ihn, indem er nicht sogleich in den Boden eindringt, wie eine Bogschaar wirken. Ein Mann drückt den obern Arm desselben nieder, während das Schiff den Anker stromabwärts zieht, und so schneidet dieser eine Furche ein, die immer tiefer wird, bis zuletzt, nachdem die Geschwindigkeit des Schiffs sich gemäßigt hat, der Widerstand im Boden hinreichend groß wird, um ein weiteres Verrücktwerden zu verhindern. Das Ufer wird hierdurch stark beschädigt, und dieses ist um so nachtheiliger, als die Zerstörung der alten Grasnarbe leicht zu Uferbrüchen während des Hochwassers Veranlassung geben kann. Das Aussetzen der Anker auf die Ufer ist daher gemeinhin polizeilich verboten.

Die Veranlassung zum Anhalten der Schiffe wiederholt sich in wenigen Ausnahmen, die durch Zufälligkeiten herbeigeführt werden, größtentheils an bestimmten Stellen des Stroms, nämlich an denjenigen, wo entweder mehrfach Ladungen eingenommen oder abgegeben werden, oder wo die Schiffe in Folge polizeilicher oder anderer Bestimmungen die Fahrt unterbrechen müssen, oder wo dieses nach den üblichen Einrichtungen der Tagereisen, oder behufs der Fütterung der Leinpfade nothwendig ist. Hierzu kommen noch die Stellen, an welchen der Leinpfad auf das andre Ufer tritt, und ähnliche Veranlassung zum Anhalten der Schiffe stattfindet. In allen diesen Fällen wird die Schifffahrt wesentlich gehindert, wenn man daselbst einen oder mehrere Schiffshalter aufstellt.

Dieselben erheben sich etwa 3 Fuß über den Boden und bestehen aus Rundholz, vorzugsweise wegen der längern Dauer aus Eichenholz. Das Stammende bildet den Kopf, der gemeinhin halbkugelförmig zugeschnitten wird. An dem freistehenden Theil dürfen keine scharfen Kanten vorkommen, durch welche das Tau beschädigt werden könnte. Am untern Ende versieht man den Pfahl mit einer Spitze. Die Beschaffung und Aufstellung einer Ramme würde die Kosten zu sehr vergrößern, man bedarf derselben auch nicht, wenn man zur Zeit eines niedrigen Wasserstandes ein Loch bis zum Grundwasser gräbt, und hierin den Pfahl mit der Spitze senkt. Die Arbeiter fassen ihn alsdann, und neigen ihn abwechselnd

hin und her, und rechts und links, wobei er leicht noch einige Fuß tief eindringt. Sodann wird die ausgegrabene Erde wieder in das Loch geworfen, und mittelst Stampfen gehörig befestigt. Um den Schiffshalter noch mehr zu sichern, legt man nahe unter der Oberfläche des Bodens noch ein oder zwei Querbölzer davor, gegen welche er sich lehnt, und wenn er einem starken Zuge ausgesetzt ist, so stößt man vor diese noch einige kleine Pfähle in den Boden. Gewöhnlich stehn die Schiffshalter dicht hinter dem Leinpfade.

Wo das Fahrwasser sehr enge, das Flußbette aber sehr breit ist, muß man das Erstere besonders kenntlich machen. Dieses geschieht am einfachsten durch Zweige, die man in das Flußbette steckt. Man nennt sie Baacken, sie sind aber wenig sicher und werden auch oft muthwilliger Weise verändert, woher sie nur als ein unzulängliches Auskunftsmittel angesehen werden können. Nicht viel besser sind die schwimmenden Signale. Dieselben bestehen aus Holz-Klötzen oder kleinen Tonnen, die mittelst Tauen an Steinen befestigt sind. Die Tauen müssen aber so lang sein, daß die Signale bei wachsendem Wasser noch an der Oberfläche bleiben, und dieses giebt Veranlassung, daß sie bei kleinem Wasser stark seitwärts treiben und sonach die Rinne keineswegs ganz sicher durch sie bezeichnet wird. Außerdem werden sie auch leicht entwendet, oder treiben von selbst fort.

Wenn man eine schmale Rinne sicher markiren will, so kann dieses nur durch Signale geschehn, die auf dem Ufer stehn. Die Linie, welche man bezeichnet, ist die Mittellinie oder die Achse der Rinne, und in der Verlängerung derselben stehn zwei weit sichtbare Signale hinter einander. Dieselben müssen aber auch verschieden bezeichnet sein, damit der Schiffer weiß, welches das vordere und welches das hintere ist, weil er sonst bei ihrem Auseinandergehn nicht wissen würde, ob er sich rechts oder links wenden müßte.

Außer diesen Signalen, welche die Lage und Richtung des Fahrwassers angeben, müssen in manchen Fällen noch andre Zeichen vom Ufer aus gegeben werden, wodurch das Entgegenkommen eines Schiffes u. dgl. bezeichnet wird. Diese Signale, Wachsauen genannt, werden gemeinhin nur aus freier Hand in

neuen Flagge gegeben, ohne daß besondere Vorrichtungen erforderlich sind.

Auf Brücken über den Strom führen, die nicht geöffnet werden können, so muß der Mast vorher niedergelegt und wieder aufgestellt werden. Zuweilen befinden sich zu diesem auf den Schiffen selbst gewisse Winde Vorrichtungen, wie auf den Ruhrschiffen üblich sind. Wenn dagegen bei der Art wegen fehlender Leinpfade vorzugsweise die Schiffe segeln, wie auf der Elbe, Oder, Weichsel und dem Pregel geschieht, sind die Masten große Höhe und sind alsdann nur mittelst festen Vorrichtungen aufzustellen. In größern Handelsstädten ist es gewöhnlich nicht schwer, die Masten zu richten oder abzulegen, denn hier kann man an den Masten andrer Schiffe Hebezüge befestigen, und dadurch das Aufstellen und Niederlegen bewirken. Wenn aber auf dem Wege selbst und zwar an einer Stelle, wo die Schiffe sich gewöhnlich nicht ansammeln, eine Brücke vorkommt, oder Verbindungen mit andern schiffbaren Flüssen liegen, die nur mit niedergelegten Masten befahren werden dürfen, wie dieses auf Kanälen gewöhnlich geschieht, so müssen Mastenrichter erbaut werden.

Dieselben bestehen meist in Rüstungen, die gewöhnlichen Masten nicht unähnlich sind und sich von denselben nur durch die Höhe und durch die Unbeweglichkeit des Auslegers unterscheiden. An der Oder sieht man verschiedene Mastenrichter, wovon der Mast etwa in seiner Mitte durch das Hebezeug gefaßt, am untern Ende fest gehalten wird. Indem man hierauf das Hebezeug zurückschiebt, hebt sich der Mast und nimmt nach und nach die vertikale Stellung an. Das Niederlegen erfolgt in ähnlicher Weise.

In beiden Fällen muß die Gelegenheit geboten werden, das Schiff sicher vor- und zurückzuziehen. Diese Mastenrichter bestehen aus zwei Holzwänden, die von einander so weit entfernt sind, daß ein Schiff dazwischen fahren kann. Ihre Höhe ist etwa der halben Höhe des Mastes gleich, und an einem horizontalen Balken wird der Flaschenzug befestigt, während gegen eine Erdwinde zum Heben oder Herablassen des Mastes dient. Von besondrer Wichtigkeit sind endlich noch die Flussschleusen. Der Zweck ist von dem der Seeschleusen wesentlich verschieden, indem sie nur zur Sicherung der Schiffe während des Hochwassers

und namentlich während des Eisgangs dienen. Das Laden und Lossen der Flußschiffe geschieht fast jedesmal im freien Strome, weil es wegen der unbeschränkten Wahl der Anlegestelle damit mehr Bequemlichkeit als im Hafen erfolgen kann. Letzteres ist wegen der Dämme, die ihn umgeben, zur Zeit des Sommerhieses auch wenig geeignet, weil die Schiffe alsdann tief unter wasserfreien Umgebungen liegen, und der Zugang zu ihnen aus diesem Grunde meist steil und unbequem ist.

Selbst im Winter pflegen keineswegs alle Schiffe in den Hafen gebracht zu werden, sie bleiben vielmehr so lange, als das Wasser offen ist, in der Fahrt, und wenn endlich die Gefahr entsteht, daß sie einfrieren könnten, so werden sie an eine sichere Uferstelle in der Nähe oder in einen Flußarm gebracht, wo sie unter gewöhnlichen Verhältnissen gleichfalls geborgen sind. Nur wenn ein besonders starker Eisgang, verbunden mit hohem Wasserstande zu erwarten ist, so wird ein mehr gesicherter Zufluchtsort gefunden, aber das Schiff unter solchen Umständen theils wegen der kurzen Dauer der Zwischenzeit, theils aber auch wegen des hohen Wassers gewöhnlich nicht mehr erreichen kann. In solchen Fällen wird gemeinhin über Mangel an sichern Häfen laute Klage geführt, sobald dieser Wunsch indessen berücksichtigt ist, und Häfen eingerichtet sind, so werden sie doch keineswegs regelmäßig benutzt und bleiben sogar während mancher Winter eben so leer, wie im Sommer.

Man darf hiernach bei Anlage von Flußhäfen keineswegs erwarten, daß der Ertrag des Hafengelds die Kosten der Anlage decken kann, derselbe reicht sogar in den meisten Fällen einmal zur Bestreitung der Unterhaltungs- und Beaufsichtigungskosten hin. Nichts desto weniger sind die Flußhäfen während ungewöhnlicher Ereignisse doch dringend nöthig, und zwar nicht nur sie, wenn sie von Nutzen sein sollen, nicht gar zu weit von einander entfernt und hinreichend groß sein, um eine gehörige Anzahl von Schiffen zu fassen.

Die erwähnten Flußhäfen, die eigentlich allein diesen Nutzen verdienen, nennt man häufig Sicherheits-Häfen, und zwar im Gegensatz von den gewöhnlichen Ausladestellen, die an manchen Strömen gleichfalls Häfen genannt werden. In einzelnen Fällen sind beide Arten von Anlagen mit einander verbunden. So

Lehrorter Hafen nicht nur die Schiffe während des Winters, sondern die Ruhr-Schiffe löschen daselbst auch die während die Rheinschiffe diese einladen. Auch diejenigen, woselbst die vom Auslande kommenden Waaren steuergelegt werden, zählt man noch zu den Häfen, und nennt sie Häfen. Sie kommen nur auf solchen Strömen vor, die zwischen, durch keinen Zollverein verbundenen Staaten gehen, also der Strom, wenn er auch streckenweise auf beiden demselben Staate umschlossen wird, und sonach in politischer Beziehung diesem angehört, dennoch mit Rücksicht auf die Verhältnisse als Ausland betrachtet wird. In Bezug auf Anlagen darf hier nur auf die eigentlichen Flusshäfen Arbeitshäfen Rücksicht genommen werden.

Schon erwähnt, finden die Schiffe zuweilen in alten Zeiten, selbst während eines starken Eisganges hinreichende

Wenn solche Arme entweder von selbst, oder durch Anlagen einer starken Durchströmung entzogen sind, so flachung in der obern Mündung am bedeutendsten, während in der unteren geringer bleibt, und in der Mitte oft ganz leer strömt indessen das Hochwasser während einer langen Zeit, nachdem die obere Mündung schon starr und noch kräftig hindurch, weil das Flussbett nur langsam über die Höhe der Thalsohle anwächst, also normal wird. Nichts desto weniger kann die obere Mündung noch aufwachsen, daß dadurch der Strom sehr geräumig wird, wenn vollends das Weidenstrauch sich endlich in eine Kopfweiden-Pflanzung verwandelt, wozwischen er sehr gut gedeiht und einen reichen Ertrag zu geben vermag. Die Baumstämme das Durchtreiben von jenen, so daß der untere und mittlere Theil jenes Armes in einer so geschützten Lage, dass die Schiffe darin verweilen können.

Der größte Uebelstand pflegt dabei zu bestehen, wenn die untere Mündung zu bestehen. Bei kleinen Flüssen, so dass während des Eisganges beinahe trocken, so dass während des Eisganges auf hinein- oder herangebracht werden kann, so dass der Hafen geräumt wird, pflegt freilich der Fluss zu sein, wobei die Hineinfahren kann, aber das Hineinfahren nach dem Eise.

anhält, so können die Schiffe häufig nicht schnell genug gehn, besonders wenn der größte Theil der Mannschaft im Winter entlassen war und sich zerstreut hatte. Es galt alsdann wohl, daß die Schiffe lange Zeit hindurch in solchen liegen und entweder lichten, oder warten müssen, bis ein höherer Wasserstand eintritt. Dergleichen Stromarme häufig in künstliche Häfen umgewandelt, indem man die oberungen in wasserfreier Höhe schließt, die untern dagegen, es geschehn kann, verengt, und außerdem befestigt und vertieft.

Bei neuen Hafenanlagen kommt es vorzugsweise vollständige Sicherung der darin liegenden Schiffe an, es sei hier selbst zur Zeit des Hochwassers keine Strömung hindurch und noch weniger dürfen die Schiffe vom Eisgange getroffen werden. Der Hafen nimmt dagegen bei jedem Hochwasser den Wasserstand an, der im Strom stattfindet, und es ist deshalb ihn von allen Seiten mit wasserfreien Dämmen zu umgeben. Stromaufwärts dürfen dieselben freilich nicht fehlen, eben so wichtig sind sie zwischen dem Hafen und dem Strom. Gemeinlich gewinnt man beim Ausgraben und Ausbaggern so viel Erde, daß die Ausführung bedeutend erleichtert wird, wenn man das Material in der Nähe ablagern kann, und dieses ist der Grund, weshalb die meisten Häfen mit hohen und oft übermächtig starken Dämmen umschlossen sind. Letztere liegen gewöhnlich dem Hafen Bassin so nahe, daß nur ein schmaler Communicationsweg zwischen der Höhe über dem gewöhnlichen Wasserstande sich ringzieht. Dahinter beginnt sogleich die Dossirung, die entweder unterbrochen sich erhebt oder mit schmalen Banketen verbunden, doch jedesmal möglichst steil gehalten wird, um sowohl den Abfluss des Grundes zu beschränken, als auch weite Erdtransporte zu vermeiden. Zuweilen fehlt sogar der erwähnte Weg, und die Schiffungen beginnen unmittelbar am Rande des Hafens, was den Verkehr sehr unbequem ist.

Durch die wasserfreien Hafen - Dämme wird jedem Fluthprofil des Stroms beschränkt, und man muß sorgfältig untersuchen, in welchem Maasse dieses geschehn darf, um eine merkliche Erhöhung des Wasserstandes in den obern Strom zu vermeiden oder eine nachtheilige Verstärkung des Stroms zur Seite des

ern. Gemeinhin haben die Flußhäfen eine solche Lage, daß die Länge nach neben dem Strom hinziehn, und ihre Front zu demselben parallel gerichtet ist. Jedenfalls darf aber nicht auf der hintern Seite umströmt werden, weil die Stromspaltung zur Zeit des Hochwassers bilden würde. Es ist auch wichtig, den Hafendamm so zu legen, daß er eine scharfe Begrenzung mit den benachbarten wasserfreien Ufern eine regere Begrenzung des Fluthprofils darstellt.

der gesicherten Lage ist die gehörige Tiefe ein Bedürfnis für einen Flusshafen, und zwar muss dasselben den kleinsten Wasserständen bestimmt werden, die überhaupt vorkommen, weil solche grade während des Winters und des strengsten Frosts, also in der Zeit, wo der Hafen am meisten benützt wird, eintreten. Im Allgemeinen muss der Hafen diejenigen Stellen haben, welche sich auf den flachsten Stellen im Strom befinden.

Wäre dieses nicht der Fall, so würde ein Schiff, das beladen ist, daß es nur eben auf dem freien Wasser kann, schon verhindert werden in den Hafen zu gehen. Die künstlich dargestellte Tiefe pflegt sich indessen so lange zu erhalten, weil bei jeder Anschwellung das Hafenbassin tritt, daselbst vollständig vorsteht, daß alle darin schwebende erdige Theile

während bei fallendem Wasser dieses von
aus diesem Grunde in kurzen Zwischenzeiten
Hafens wiederholen. Am Rhein verläuft
nur etwa 8 Zoll hoch, woher man durchschnitten
mal die Häfen ausbaggert, und zwar alsdann
2 Fufs vornimmt. Die Verflachung wird
man etwa Mühlenflüsse einleitet, und nur

ag veranlassen will. Eben so nachtheilig
wie oft vorgeschlagen wird, das Wasser
für den Zweck auf der obern Seite zu
Bedeutende Wassermassen kann man
nicht zuführen, weil sonst die Schleuse
Hochwasser zu schwierig wäre. Man
den Nebenarm, in dessen weitem

undurch fließenden Wassers heilbar.
eintretende Erdtheilchen darin hege

Endlich ist es dringend nöthig, der Verunreinigung des Hafens, und zwar eben sowohl vom Ufer, als von den Schiffen, durch polizeiliche Maafsregeln vorzubeugen. Hierzu gehört, dafs ein willkührliches Betreten der unbefestigten Hafendossiers nicht stattfinden darf, weil dabei gleichfalls Erdmassen gelöst werden, die entweder unmittelbar herabfallen oder bei starkem Sturm in den Hafen gespült werden.

Besonders wichtig ist die Erhaltung der Tiefe in der Hafenmündung. Die Verflachung pflegt daselbst weit stärker zu sein, als im innern Hafen, weil nicht nur die im Wasser schwimmenden Theile sich hier zu Boden setzen, sondern ausserdem auch das dem Strombett treibende Sand und Kies hineingestossen wird. Eine Aufräumung der Hafenmündung mufs daher gemeinhin in jedem Jahre vorgenommen werden. Einigermassen kann man die Verflachung hier vermindern, wenn man die Mündung stromaufwärts kehrt. Die davor stehende Erdzunge oder der Hafenkopf wird alsdann die Richtung einer declinanten Buhne, und dieselben Gründe, welche dicht unterhalb einer solchen die Versandung verhindern, schützen auch die Hafenmündung vor übermäfsigen Verflachungen.

Die stromabwärts gekehrte Richtung der Einfahrt ist auch für den Schiffsverkehr die bequemste. Normal gegen den Strom darf die Mündung nicht gerichtet sein, denn die ankommenden Schiffe würden alsdann quer gegen den Strom gehen müssen, was bei heftiger Strömung nicht möglich ist. Es bleibt sonach nur die Frage, ob es für den Schiffahrts-Betrieb theilhafter ist, die Mündung stromauf- oder stromabwärts zu richten. Im ersten Fall würde nicht nur das Hineintreiben der Schiffe zu besorgen sein, sondern ausserdem könnten die in der Thalmündung begriffnen Schiffe, die man in den Hafen bringen will, denselben nicht unmittelbar hineinfahren, weil sie nicht so sicher zu stehen sind, dafs man es wagen dürfte, sie mit der vollen Geschwindigkeit des Stroms in die schmale Mündung treten zu lassen. Man müfste vielmehr vorher angehalten, dabei gedreht, und rückwärts in den Hafen geführt werden. Ein im Hafen liegendes Schiff, welches stromaufwärts gehn soll, könnte allerdings ohne Unterbrechung vom Hafen aus die Fahrt beginnen. Für diejenigen Schiffe, welche von unten heraufkommen und in den Hafen gebracht werden

dem gewiesen sind und die Fahrt antreten sollen, ist auch eine stromabwärts gerichtete Mündung viel zweckmäßiger. Die letzte Richtung ist auch unter den vier vorkommenden dreimal die günstigere, woher man sie allgemein zu nehmen pflegt.

Der Hafenkopf ist dem Angriff des Stroms stark ausgesetzt, er muß scharf vortretend. Erde bilden, er muß daher geschützt sein, und zwar wird er gewöhnlich durch eine Steinmauer und über Wasser abgeplastert. Eine flache Basse vor Wasser darf er nicht erhalten, weil dadurch die Schiffahrt behindert würde, man führt ihn vielmehr möglichst steil auf, auch wohl bis zur Höhe des niedrigsten Wassers gegen eine verteilte Holzwand. Aber neben derselben eine große Mauer bilden, so vertikal, daß diese mit Steinen bis zu solcher Höhe, daß die Schiffe darüber gehen können. Sollte der Ort mit Bäumen verbaut sein, so muß der Hafenkopf sich den Umständen anpassen und in der Nothwendigkeit fallen.

Es ist von besonderer Wichtigkeit zu beachten, daß derjenige Theil des Hafens, der die Halbinsel mit dem eigentlichen Wasser verbindet, die gehörige Tiefe hat. Die Erhaltung derselben wird aber besonders sehr wichtig, wenn der Strom in Folge der lokalen Verhältnisse so stark wird, entweder bei kleinem oder hohem Wasserstande, so daß er Kestanke aufwirft, die man, sobald sie entstanden sind, schnell zu beseitigen muß. Man muß schon bei der Anlage der Stelle für den Hafen auf Rücksicht nehmen, und die Mündung in ein Ufer verlegen, das unmittelbar das tiefe Wasser begrenzt. Dieses findet gewöhnlich an den concaven Ufern statt.

Ueber die sonstigen Anordnungen des Flusshafens ist wenig zu sagen. Seine Dimensionen sind nach der Anzahl und Größe der Schiffe bedingt, welche am Ganzen verkehrt werden sollen. Die Breite der Mündung ist die größte Breite der Schiffahrt abhängig.

Ferner müssen die nöthigen Anlagen angebracht, und Bezug auf die Länge der Mündung zu nehmen, daß letztere nicht bequem daran befestigt werden können. Der eben erwähnte Weg rings um den Hafen ist in geringer Höhe dem gewöhnlichen Wasserstande nachzufallen als der gewöhnliche

Erforderniß zu betrachten. Dieser Weg muß auch durch eine reichende Anzahl bequemer Zugänge, am besten durch steile oder wenigstens hölzerne Treppen mit der Krone des Damms verbunden sein.

§. 62.

Holz-Flösserei.

Das Flößen des Holzes bildet einen wichtigen Theil des Wasser-Verkehrs auf Flüssen und Strömen. Es werden dabei keine Schiffe benutzt, sondern das Holz schwimmt unmittelbar auf dem Wasser. Nichts desto weniger sind zum Zweck der Flösserei manche bauliche Anlagen nöthig, auch kommen dabei verschiedene Umstände in Betracht, welche den Strombau nahe berühren.

Die Flösserei, welche mit sehr seltenen Ausnahmen stromabwärts geschieht, wird auf zwei verschiedene Arten betrieben. Die ganzen Stämme, also das Bauholz, verbindet man mit Flößen, deren Länge und Breite von der Beschaffenheit des Strombetts und der Schleusen und Archen abhängt, welche überbrückt werden müssen. Das Brennholz dagegen wird, bevor man es den Strom bringt, in Scheite oder Kloben von den üblichen Dimensionen zerschnitten und schwimmt ohne irgend eine Verbindung herab.

Ueber die Flösserei der ersten Art ist wenig zu sagen, sie findet bei kleinen Flüssen gewöhnlich nur zur Zeit eines höhern Wasserstandes statt, weil die Untiefen alsdann weniger nachtheilig sind, auch die Wehre in dieser Zeit so hoch überströmt werden, daß sie zum Theil überfahren werden können. Das Letzte ist jedoch immer und selbst bei mäßigem Gefälle mit manchen Schwierigkeiten verbunden, namentlich taucht das Floss, sobald es den Wehrrücken passirt hat, tief ins Unterwasser ein, während es keinen Menschen sich selbst überlassen herabtreiben darf, vielmehr vollständig unter der Hand mannt sein muß, damit es an der passendsten Stelle und in der gehörigen Richtung über das Wehr geht, und gleich darauf in das Fahrwasser kommt. Man darf also nur kräftige Leute hierbei benutzen, welche die Gefahr kennen, und

stehn, wenn dasselbe auch einige Faden über dem Fluß
Gemeinhin geht, indessen die Flöße nur 2 Faden über
die Breite der Flöße bedingt.

Allgemeinen sind die Flöße schwer zu lenken, weil
lenkt man sie dadurch, daß an einem Ende derselben
eine Anzahl Riesen oder Strömbocke an Seilen an der
andern Seite, also quer gegen den Strom angebracht sind,
durch dem Flöße einige Seitenbewegungen des Flusses
werden kann. Diese Bewegung ist aber in Folge der
Schnelligkeit, womit das Fluß strömte, nicht sehr
geringe, und man muß daher sehr schnell und vorsichtig
thun ehe die Kiesbank der der schwerer beweglichen Flöße
weichen will, sichtbar ist, die der Handhabung der Flöße
fang machen. Hiernach ist es anzunehmen, daß die
größeren Flöße sowohl das Flußwasser, als auch die Strömung
der Strömung an allen Stellen gleichmäßig zu
und daher in dem fließenden Maße zu erhalten. In
m Rhein wird die Führung der großen Flöße von den
ersten Strömbocken anvertraut, die sich ganz allein zu
schließen, und die Flöße zu lenken. Ihre Kunst steht aber im Fluß
in höherer Achtung, als die der Strömbocke, die die Flöße
schiffe.

Um die Flöße von Seite dazu geeignet zu machen, wird
noch durch Anker, die man an den Flößen anbringt,
eines Flößen die Geschwindigkeit, und die Flöße
r Ruder verhältnißmäßig verstärkt, was durch die Flöße
aber auch dem Flöße schon unmerklich zu sehen ist.
g. Die Ankerflöße werden dabei in der Flöße an
nachdem dieses an der rechten oder an der linken Seite
so stellt sich das Fluß etwas schräg, und die Flöße
en stets des Wassers von der Seite, welche die Flöße
selbst es nach der einen oder der andern Seite
in Anhalten und Festlegen des Flößen
notwendig. Man darf es nicht annehmen, daß
weil es sich bei einer großen Masse, die man
würde, daß es sich mehr davon abgeben
und man es entweder so weit es aufhängt, oder
zerlegen, oder eine Seite Wasserstand abwe-

wobei es wieder von selbst flott würde. Einzelne Anker sind nicht im Stande, das Floss schnell genug anzuhalten, und dieselben wirklich hinreichenden Widerstand finden sollten, den die Ankertaue bei dem großen Moment der Bewegungen. Man muß also dafür sorgen, daß die Bewegung nach vermindert wird. Dieses geschieht mittelst der Anker an bestimmten Stellen des Stroms, wo der Grund auf lange Strecken eben ist. Durch Auswerfen mehrerer Anker, die beim Schleppen den Grund durchwühlen, vermindert sich schon die Geschwindigkeit, und sobald dieses geschehn ist, werden die Anker auf das Ufer gesetzt, die wie Pflugschaaren in das Floss schneiden, bis endlich das Floss zum Stillstand kommt. Sobald es aber fest liegt, muß es durch Bäume gehörig abgesetzt werden, damit es nicht etwa bei fallendem Wasser irgendwo den Grund rührt oder durch den Wind auf das Ufer oder eine Kiesbank geschoben wird. Diese Rücksichten sind um so dringender, je größer die Flöße sind, und keine andre Art der Schifffahrt erfordert daher so viele und kundige Führer, als diese.

Die großen Holzflöße auf dem Rhein, die zuweilen von Mainz, zuweilen weiter abwärts bis oberhalb Coblenz verfahren werden, und gemeinhin bis Dortrecht fahren, sind wegen ihrer Größe berühmt. Sie verdienen aber auch wegen ihrer Zusammensetzung und noch mehr wegen der verschiedenen Vorkehrungen zur sichern Führung eine nähere Beschreibung. Diese dürfte so fern von Wichtigkeit sein, als die größten Flöße nach und nach verschwinden. Wenn der Holzhandel auch nicht merklich so findet man es in neuerer Zeit, wie es scheint, bequemer, wohlfeiler oder sicherer, die Transporte zu theilen und statt der großen, mehrere kleine Flöße zu erbauen.

Fig. 253. auf Taf. XXXIII. zeigt ein Rheinisches Holzflöß von der größten Art. *) Es ist in seiner vollständigen Zusammensetzung 850 Fuß lang, 150 Fuß breit und geht etwa 6 Fuß tief, es noch 2 Fuß über Wasser liegt.

Der Haupttheil desselben ist das sogenannte Steiß

*) Entnommen aus Herman's Abbildungen der verschiedenen Arten von Fahrzeugen, wie man sie auf dem Rheine sieht (ohne Jahreszahl).

Länge und 100 Fufs Breite. Die ersten beiden Kniee sind tiefer, besonders verhältnissmässig tiefer, als die folgenden, jedoch nur 80 Fufs lang. Man kann auch diese ersten beiden Kniee. Zu beiden Seiten der ersten beiden Kniee sind endlich noch solche Flosser, deren Länge der ersten übereinstimmt, die zwei letzten Kniee mittlich beträgt. Dieses sind die Anhänger, so ganz gewöhnlich tiefer als jene, und sind so verhältnissmässig, dass wenn es nöthig werden sollte, leicht gelöst werden können.

Die Verpackung des Holzes führt zur Zusammenfassung des Flosses erfolgt mit großer Vorsicht. Die ersten Lagen bestehen aus Eichenstämmen, bis 100 Fufs Länge, die in der Mitte liegen und kommen. Sie sind speciell sehr viel tiefer als das Wasser, worin das ganze Floss tragen. Darüber wird das Eichenholz gerade geraden Stämme zur Seite, das zum Schiffbau bestimmte Holz in die Mitte. Balken, Dielen und Falsdauben bilden den Theil, und namentlich sorgt man dafür, daß die schwächeren, wie dünne Dielen aus Tannenholz über Wasser kommen, während die eichenen Falsdauben zum Theil schon zwischen Schiffbauholz gepackt werden. Das ganze wird durch die Abhängigkeit in der Richtung der Hölzer, welche die einzelnen bilden, und durch überzogene Bretter fest verbunden und bleiben von geringerem Wasser. Für die Arbeiter lassen sich noch besondere Güter, wie Bretter und mit Laufdielen geht, woher jene Bohlen, die zum Betreten werden.

Die Verbindung des Steifbalkens mit dem zweiten Knie, sowie der beiden Kniee unter sich, ist in der Mittellinie des Flosses durch biegsame Eichenstämmen No. 4 und 6 dargestellt, doch nur, wenn an jeder Seite derselben vier starke Taue, um sie zu stützen. Von dem vorderen Ende tritt nach jeder Seite der Eichenstamm No. 2 vor, der horizontal auf dem Floss auf etwas über den Anhang verläuft. Dieselben heißen Ringe oder Spindeln. Sie werden am äußern Ende von starren gefast, die nach den Enden oder Kappständern führen. Wird eine dieser Enden angezogen, die andere gelassen, so krümmt sich der vordere Theil des Flosses und dreht sich nicht nur das ganze Floss, indem der Wasser am vordern Theil zu eine und am hintern Theil



die andre Seite desselben trifft, sondern es ist auch um so durch scharf gekrümmte Fahrwasser zu bringen.

Besonders sicher müssen diejenigen Bäume mit dem Floß verbunden sein, woran die Ankertaue befestigt werden. Zum Anlegen und Feiern der Taue sind starke cylindrische Riegel eingesteckt. Dieselben heißen Maue. Die Hauptmaue, auch der Mastständer genannt, befindet sich nahe am hintern Ende No. 18. Am vordern Ende des Steifstücks ist eine zweite No. 9 angebracht, man die Hunds-Maue nennt. Der Zweck derselben ist folgender: wenn eine besonders scharfe Stromkrümmung passiert werden soll, namentlich die Stelle oberhalb St. Goar, so geht ein Nachschweren Ankern und Tauen versehn voran, und diese Anker werden auf der vortretenden Uferdecke ausgebracht, und darin fest gestellt. Die Taue derselben werden auf das vorbeifahrende Floß gegeben und schnell an der Hundsmaue befestigt. Das Floß wird dadurch gehalten, so daß es nicht der tangentialen Richtung nachgeben kann und die gehörige Drehung machen muß. Ferner befinden sich auch auf den Knien die Mauern No. 3 und 5, die zum Anhalten der Kniee dienen, falls diese bei etwanigem Aufstoßen auf Felsen auf das Ufer abbrechen, oder auch wohl im Fall der Noth vom Steifstück getrennt werden sollten. Endlich sind auch noch die sämtlichen Anhänge mit kleinen Mauern versehn.

Man sieht in der Figur vorn und hinten die Reihe von Floßrudern. Das Hauptfloß trägt an jedem Ende zwei und zwanzig derselben, und je zwei befinden sich noch an den Anhängern der Seite, so daß ihre ganze Anzahl zwei und funfzig beträgt. Jedes Floß ist gewöhnlich mit sechs Mann besetzt, die auf den Ruderknien No. 1 und 21 stehn. Eine dritte Ruderbank, der Zusatzbank genannt, befindet sich noch am vordern Ende des Steifstücks; dieselbe ist auch vollständig mit Riemen belegt, damit im Notfall im Falle der Gefahr, wenn die Kniee getrennt werden, die Mannschaft der Zusatzbank hier augenblicklich eintreten kann. Die Floßbewegungen werden fast ununterbrochen, bald stärker, bald schwächer, und bald nach der einen, bald nach der andern Seite geschlagen. Die Floßbewegungen zu diesen verschiedenen Bewegungen werden von den beiden Maststühlen No. 20 gegeben. Letztere bestehn in zwei Aufbauten von etwa 20 Fuß Höhe, welche eine freie Aussicht über das ganze Floß gestatten. Auf jedem steht ein Mann, der mit einem Hut die

Von dem einen Ruderstuhl aus wird die vordere Ruderbank von dem andern die hintere signalisirt. Der Steuermann, der die ganze Leitet, steht auf dem einen oder dem andern Ruderstuhl, um er jedesmal die Verhältnisse am besten überschau kann. Er ruft den beiden erwähnten Leuten mündlich die Zeichen zu, und giebt auch alle sonstigen Befehle, welche die Lenkung des Flosses betreffen.

Sechzehn bis zwanzig Nachen, jeder mit sieben Mann besetzt, ziehen das Floss, und namentlich dienen sie dazu, um so oft es nöthig ist, die Anker auszubringen und demnächst wieder aufzuheben.

Die Anker nebst den zugehörigen Schwimmern oder Buoyen, gemeinhin Backeltönnchen heißen, liegen größtentheils auf den Nachen bei E, während die Tauc auf dem Raum D, oder der sogenannten Lappenbrücke aufgeschossen sind. Die Anzahl der Anker beträgt bis vierzig und oft darüber. Zur Seite der Anhänge auf denselben liegen die Schurbäume und Schurmaaste, die vorwiegend dazu dienen, das Floss vom Ufer entfernt zu halten, wenn der Anker liegt, in welchem Fall sie schrage ausgesetzt werden.

Die ganze Besatzung besteht aus etwa fünfhundert Mann, die nicht nur während der Fahrt, sondern auch in der Nacht selbst wenn die Reise durch widrige Winde Wochen lang ununterbrochen werden sollte, auf dem Floss bleiben. Sie haben daher nicht nur vollständige Wohnungen, so daß das Floss wegen Menge der darauf stehenden Hütten das Ansehn eines Dorfes hat, sondern Alles, was zu ihrer Beköstigung während der ganzen Fahrt dient, befindet sich gleichfalls daselbst. No. 10 ist die Wohnung für die sieben Mann, die an den Kappständern arbeiten, No. 11 ein Stall und Schlachthaus, No. 12 sind sechs Hütten für die Ruderer, No. 13 ist die Wohnung des Flossherrn, worin sich eine kleine Zimmer und Wirthschaftsräume, so wie auch das Comptoir befinden. An der vordern Seite dieser Hütte liegt ein elegant eingerichteter Saal, der gemeinhin durch Orangenbäume und Blumen geschmückt ist.

Auf dem Raume C neben der Wohnung des Flossherrn befindet sich auch das Bierlager mit der nöthigen Verdachung versehen. No. 14 enthält die Küche, die Backofen, das Waschhaus nebst der Wohnung des Oberkochs und die Schreiner- und Küper-Werkstatt. No. 15 ist das Haupt-Magazin für die verschiednen Vorräthe, worin

sich zugleich die Wohnung des Proviantmeisters befindet. No. 17 die Hütte für die Mannschaft, welche zu den Nachen gehört, No. 18 die Wohnung des Steuermanns und No. 19 die Hütte des Aufsichters und der Haupt-Arbeiter. Zur Verproviantirung eines Flosses rechnet man 40 bis 50,000 Pfund Brod, 12 bis 20 Pfund Fleisch, 10 bis 15,000 Pfund Käse, 10 bis 15 Centner Salz, 8 bis 10 Centner gesalzenes, 60 bis 80 Centner rohes Getreide und 500 bis 600 Ohm Bier, woher die Rhein-Schifffahrts-Verwaltung 6000 Centner steuerpflichtiger Gegenstände als Provision der Mannschaft oder als Inventarium des Flosses zollfrei passiren ließ.

Es muß noch erwähnt werden, daß solchem Floss, wenn in der Fahrt ist, jedesmal zwei mit besondern Flaggen bezeichnete Nachen oder sogenannte Wahrschauen vorangehn. Einer fährt 24 Stunden, der andre etwa 45 Minuten vor dem Floss. Sie kündigen die Ankunft desselben an, und sobald sie erscheinen muß das Fahrwasser überall, soweit nöthig, geräumt und die Schiffbrücken vollständig mit Mannschaft besetzt werden, da sich nicht vorherbestimmt, welchen Weg das Floss beim passiren der Brücke nehmen wird, und sonach jeder Theil derselben schnell abgefahren werden kann.

Das Flößen der losen Scheite, welches man auch Triften nennt, kommt nur auf kleinen Flüssen und vorzugsweise in Gebirgsgegenden vor. Zum Auffangen des Holzes an dem Bestimmungsort werden jedesmal besondere Anstalten getroffen, außerdem haben andre dazu gehörige Anlagen noch den Zweck, das Holz durch Seitenbäche dem Fluß zuzuführen oder auch ein frühzeitiges Forttreiben einzelner Stücke zu verhindern, und die ganze Masse, die auf einmal getriftet werden soll, möglichst gleichzeitig in Bewegung zu setzen.

Ich will mit der Beschreibung der letzten Vorrichtung den Anfang machen. Sie besteht in der Durchdämmung oder Schließung enger Thäler, in welche man das Holz leicht bringen kann, wöhnlich stürzt es sogar von den steilen Abhängen schon von selbst in sie herab. Wenn man den Abfluß des Wassers verhindert, sammelt es sich an und bildet einen See, der mit den Holzschößen besetzt ist. Diese werden aber mit dem Wasser zugleich fortgetrieben, wenn man letzteres durch eine weite Oeffnung möglichst schnell abfließen läßt. Solche Sammelvorrichtung heißt die Klausur.

die Thallfläche davor, so weit sie unter Wasser gesetzt wird, Klausenhof

Die Constructionen, welche hierbei gewählt werden, sind immer sehr einfach. Zuweilen geschieht der Abschluß nur durch einen Erddamm, welcher durchstochen wird, sobald das Triften erfolgen soll. Wenn dagegen in demselben Thal wiederholentlich die Scheite angesammelt werden, so führt man hölzerne Dämme, ähnelnden oben beschriebenen Senkkasten, auf, füllt sie mit Steinen und schließt die Abfluß-Oeffnung durch Dammbalken, welche an eine Art von Drehständer lehnen. Die Klausen pflegt an der Stelle gebaut zu werden, wo das Thal am engsten ist, sie also die mindeste Länge zu haben braucht. Die Oeffnung muß so groß seyn, daß die Ergießung in ziemlich kurzer Zeit erfolgt, weil nur in diesem Fall die Anschwellung bedeutend genug ist, um das unterhalb belegne Thal so hoch anzufüllen, daß die Holzmasse sicher durch geführt wird. Daß einzelne Scheite hinter der Wasserfalle zurückbleiben und nach dem Abfließen des Wassers auf dem Fluß liegen, kann nicht fehlen. Man bemüht sich zwar, alle Stücke, welche etwa aufgehalten werden, wieder in den Strom zu stoßen, in vielen Fällen ist aber jede Nachhülfe unmöglich, indem die Thäler öfters unzugänglich sind. Die ganze Operation kommt jedoch in Gegenden vor, wo das Holz nicht hoch im Preise steht, der Verlust einzelner Scheite daher nicht von Bedeutung ist. Dieselben werden auch, wenn sie beim einmaligen Triften liegen geblieben sind, später wieder in Bewegung gesetzt, sobald die Operation nach einiger Zeit wiederholt wird.

An der Stelle, wo das Holz aufgefangen werden soll, muß es auf irgend eine Art zurückhalten, damit es nicht vorbeistrommt. Dieses geschieht zuweilen schon dadurch, daß man einen oder mehrere Stämme quer über den Fluß legt, doch ist dieses Mittel nur ausreichend, wenn die Strömung und zugleich die abtreibende Holzmasse nicht bedeutend ist. Letztere sperrt nämlich einen großen Theil des Profils, und um so mehr verstärkt sie die Strömung an der Stelle, wo das Profil noch offen ist. Die Scheite werden daher häufig von dem Strom gefaßt, und indem sie untertauchen, treiben sie unter dem Schwimmbaum fort. Man muß daher, wenn große Massen getriftet werden, das Profil nicht nur an der Oberfläche, sondern bis zur Sohle des Flusses

betts sperren. Dieses geschieht mittelst der Triftstege und stöcke.

Gemeinhin wird das Holz an einer Stelle aufgefangen Wehr liegt, und seitwärts oberhalb des Wehrs führt der graben zugleich nach dem Holzhof, in welchen die Scheite gebracht werden sollen. Oftmals ist auch ein besonderer Trift nach dem Holzhof geleitet. Die Sperrung muß sowol in dem natürlichen Flußbett, also neben dem Wehr, als auch in den Seiten- und Trift-Canal erfolgen. Der Abfluß des Wassers darf jedoch nicht gehemmt werden, weil dadurch nicht nur Abflüsse veranlaßt, sondern auch die frische Strömung unterbrochen würde, welche nothwendig ist, wenn das Holz den Bestimmungsort erreichen soll.

Man bildet sonach gitterartige Wände in jedem einzelnen Flußlauf. Ueber dem Wehr befindet sich in angemessener Höhe eine leichte Laufbrücke, der sogenannte Triftsteg, und in der Mitte derselben, der an der stromaufwärts gekehrten Seite derselben liegen, kreisförmige Löcher von 5 Zoll Durchmesser angebracht, in welche man die Spindeln oder Triftstöcke einsetzt, sobald das Holz fließen soll. Letztere lassen jedesmal einen freien Raum von 1 Fuß lichter Weite zwischen sich, und ihr unteres Ende liegt gegen den Vorboden des Wehrs und steht auf der Sohle des Flußbetts auf. In derselben Art erfolgt auch in den Seiten-Canälen die Sperrung, woselbst jedoch die Triftstöcke, wenn nicht etwa die Flußbetten geschlossen sind, sich oben gegen die Griesholme lehnen.

Wenn während des Triftens die Flüsse anschwellen, geschieht es wohl, daß die Scheite sich vielfach unter einander schieben und stellenweise bis zur Sohle des Flußbetts herabsinken, wodurch entweder ein übermäßiger Aufstau, oder auch die Verstopfung des ganzen Triftsteges, oder der Bruch einzelner Spindeln beigesteuert wird, und jedesmal das Holz von Neuem ins Wasser kommt und größtentheils verloren wird.

Pechmann empfiehlt daher eine andre Einrichtung, wie sie in den Salinen im südlichen Bayern seit Jahrhunderten in Gebrauch sein soll. *) Die Wehre, welche in gewöhnlicher Weise in Flußbetten rechen versehn sind, ziehn sich nämlich sehr schräge stromaufwärts.

*) Praktische Anleitung zum Flußbau, Bd. II, München 1829

unmittelbar an ihrem untern Ende befindet sich die Mündung des Trift-Canals. Die Einfassung desselben zunächst des Wehres ist die Grieswand der Freiarche, und indem hier die Schütze und des Triftens gezogen sind, so ist die Strömung vor dem Wehr so stark seitwärts gerichtet, daß das Holz sich daselbst wegsammelt und vielmehr in den Kanal treibt. Das Eigenthümliche der empfohlenen Anordnung besteht darin, daß das Wasser aus dem Trift-Canal nicht seitwärts in die Schütz-Oeffnungen der Arche tritt, sondern vielmehr abwärts. Zu diesem Zweck besteht die Sohle des Trift-Canals an dieser Stelle aus einem Gitterwerk, das hinreichend hoch über dem Vorboden der Freiarche liegt. Auf diesem Gitterwerk ist aber eine Bohlenwand aufgestellt, die sich gegen die Innenflächen der Seitenmauern lehnt. Fig. 254 *a* und *b* zeigt diese Anordnung im Grundriss und im Durchschnitt. Es ist dabei noch zu bemerken, daß das hölzerne Gitter unmittelbar vor den Schützen durch einen eisernen Rost ersetzt ist, weil jenes beim plötzlichen Fallen des Schützes einen so starken Wasserdruck erfahren würde, daß es brechen müßte, was jedoch bei den dünnen Eisengittern nicht der Fall ist. Das Holz, welches sich beim Triften bei dieser Einrichtung noch immer im Anfange des Canals ansammelt, kann leicht weiter geschoben werden, und wird auch, wenn es auf das Gitter herabgezogen werden sollte, durch die Rinne gelöst und entfernt. Ein wesentlicher Vortheil besteht darin, daß die Durchfluß-Oeffnung eine viel größere Ausdehnung hat und auch die Strömung und der Wasserdruck geringer bleiben, als bei der gewöhnlichen Anordnung. Außerdem aber ist die Rinne, wo das Holz sich ansammelt, von allen Seiten zugänglich, woher jede nöthige Nachhülfe leicht erfolgen kann.

Elfter Abschnitt.



S c h i f f s s c h l e u s e n .

§. 63.

Anordnung der Schiffsschleusen.

Die Einrichtung der Schiffsschleusen oder Kammerschleusen ist schon oben (§. 59.) im Allgemeinen angedeutet. Sie dienen zur schiffbaren Verbindung zweier neben einander liegender Wasserflächen von verschiedner Höhe. Vor den Schiffsdurchlässen stehen Stauschleusen, die denselben Zweck haben, zeichnen sie sich dadurch aus, daß weder das Schiff den Wassersturz passiren, noch das Oberwasser gesenkt werden darf. Der Spiegel des Oberwassers bleibt vielmehr beim Durchgange des Schiffes beinahe unverändert, und letzteres wird sanft gehoben oder gesenkt, indem es auf einer Wasserfläche schwimmt, die sehr nahe horizontal ist.

Zwischen dem Ober- und Unterwasser befindet sich ein Bassin, dessen Ausdehnung der Größe der Schiffe entspricht, und welches die Schleusenkammer nennt. Dieselbe steht sowohl mit dem Oberwasser, als mit dem Unterwasser in Verbindung, kann aber von beiden getrennt werden. Das Schiff fährt von einer Seite in die Kammer hinein, und während es sich darin befindet, schließt es zunächst die Oeffnung, welche den Eingang bildete, und stellt dann die Verbindung zwischen dem Wasser auf der andern Seite her. In dieser hebt oder senkt sich nunmehr der Wasserspiegel und mit demselben zugleich das Schiff, bis die Niveaudifferenz auf derjenigen Seite aufgehoben ist, wohin das Schiff weiter soll. Wenn daher hier die Oeffnung frei gemacht wird, so kann das Schiff seinen Weg fortsetzen, indem das Gefälle bereits überwunden ist.

Die Erfindung der Schiffsschleusen gehört zu den wichtigsten und sinnreichsten der Wasserbaukunst, und es dürfte daher

nicht unpassend sein, über die Zeit und den Ort, wo Kammerschleusen zuerst angewendet wurden, einige historische Mittheilungen zu machen. Die Dunkelheiten, auf welche man fast jedesmal, wenn man den Ursprung wichtiger Erfindungen aufsucht, vorliegenden Fall noch bedeutender, da die Stauschleusen, ohne Zweifel schon früher kannte, und die auch gewiß die Entstehung der Kammerschleusen die nächste Veranlassung gewesen, diesen vielfach verwechselt werden.

Hiernach verdient die Vermuthung, daß Schiffsschleusen in Aegypten und China weit früher, als in Europa bekannt wurden, keine weitere Berücksichtigung. In Bezug auf China theilt man in der Einleitung zur Baukunst schiffbarer Canäle die Beschreibung der dortigen Schleusen aus dem siebzehnten Jahrhundert mit, woraus sich ergibt, daß dieselben nichts anders als durchlässe waren. Die beiden Länder, welche die Erfindung eigentlichen Kammerschleusen in Anspruch nehmen, sind Frankreich und Italien.

Bélibidor sagt *), der berühmte Holländische Ingenieur Stevin sei der Erste gewesen, der über Schiffsschleusen, im Jahre 1618 geschrieben habe, da derselbe aber den Gegenstand als ganz neu darstellt, so müsse man annehmen, daß die Erfindung erst kurze Zeit vorher gemacht sei. Diese Schlussfolgerung ist nicht überzeugend, denn es wäre noch der Fall denkbar, daß die Erfindung schon früher gemacht, jedoch erst in jenem Lande bekannt geworden. Wiebeking behauptet dagegen, daß Kammerschleusen schon viel früher in Holland üblich waren, und ihm hat bereits Wilhelm II. im Jahre 1253 die Genehmigung zum Bau einer solchen Schleuse bei Spaarndam erteilt, und es sollen schon Schleusen bei Amsterdam existirt haben **). Vorbericht der 102 herausgegebenen Beiträge zur Baukunst schiffbarer Canäle, widerlegt Woltman die letzte Ansicht, und beruht auf dem Irrthum, daß Entwässerungsschleusen mit Kammerschleusen verwechselt seien.

Andrerseits hat man, vorzugsweise auf Frisi's ***)

*) *Architecture hydraulique. II. Partie, Livre I. Chap. III.*

**) *Allgemeine Wasserbaukunst, zweite Auflage II. Seite 64*

***) *Dei Canali navigabili. Milano 1770. — Abgedruckt in den Opusculi d'autori Italiani che trattano del moto dell' acqua. Vol. VI.*

angenommen, daß die erste Schiffschleuse im Jahr 1481 in der Brenta in der Nähe von Padua erbaut sei. Frisi hat diese Nachricht, wie er selbst sagt, aus Zendrini's Werk entnommen, und äußert sich hierüber in folgender Art *):

Da der Erfinder der Kammerschleusen sich ein so großes Verdienst um die menschliche Gesellschaft erworben hat, so habe ich mir viele Mühe gegeben, seinen Namen zu entdecken und die Zeit zu ermitteln, in welcher diese wichtige Erfindung gemacht ist. Meine Mühe würde indessen fruchtlos geblieben sein, wenn ich nicht in einem Privat-Archiv eine Nachricht gefunden hätte, die hierüber einiges Licht verbreitet. Ich fand nämlich, daß zwei Brüder Dionisio und Pietro Domenico aus Viterbo, Ingenieure im Venezianischen Staate, am 3. September 1481 von der Familie Contarini ein Grundstück bei Bastia di Strà, unfern von Padua, ankauften, um daselbst in dem Piovego, oder dem Canale, der von Padova kommt, einen Stau anzulegen. In einem Urtheile von demselben Jahre, worin die genannten Brüder sich zumacher nennen, sagen sie, sie wollten ihre Anlage so einrichten, daß die Schiffe und Nachen das Wehr bei Strà ohne Gefahr überfahren könnten, das Wasser solle nämlich mit Leichtigkeit abgelassen werden, und man würde weder genöthigt sein, die Schiffe zu entladen, noch auch sie herauf zu ziehn. Sie stellen daher die Bedingung, daß die Erfindung ihr Eigenthum bleibe, und behalten sich vor, noch Verbesserungen daran anzubringen."

Diese Beschreibung paßt indessen eben so gut auf eine Staue, als auf eine Kammerschleuse, obwohl hier ohne Zweifel von einer Anlage die Rede ist, die wenigstens in dortiger Gegend unbekannt war.

Wichtiger ist eine Thatsache, die Simone Stratico in einer historischen Untersuchung über die Erfindung der Schleusen erzählt **). Leone Battista Alberti beschreibt nämlich im 10ten Cap. 12 seines Werkes *De re aedificatoria* die Kammerschleu-

leggi e fenomeni, regolazioni ed usi delle acque correnti. Ravenna Cap. XII § 9 — Abgedruckt in der *Raccolta* Vol. VIII

Nur in *Raccolta d'autori Italiani che trattano del Moto dell' Acqua.* Bologna 1824. Pag. 553. Das Original befindet sich in den *Memorie Imperiali Regio Istituto del Regno Lombardo Veneto* Tom. II. 1821

sen so genau, daß jeder Zweifel darüber verschwindet, ob eine Kammerschleuse gemeint sei. Alberti überreichte a einer Mittheilung in der Fortsetzung der Eusebianischen schon im Jahre 1452 dieses Buch dem Papste Nicolaus Stelle lautet:

„Man muß doppelte Verschlüsse machen, indem man d an zwei Stellen sperrt, so daß der Zwischenraum das Sc der Länge aufnehmen kann. Soll das Schiff heraufgehn, der untere Verschuß, nachdem es hineingefahren ist, ges der obere geöffnet. Soll es aber herabgehn, so wird in theil der obere geschlossen und der untere geöffnet. A Weise wird das Schiff parallel zu dem fließenden Wasser ter Strömung herausfahren.“

Lecchi will in der Lebensbeschreibung des Filippo M conti den Beweis finden, daß schon ums Jahr 1420 die S bekannt waren. Die Stelle ist indessen nicht klar, obw ohne Zweifel von der Ueberwindung starker Gefälle die Die Erwähnung der mechanischen Hülfsmittel zum Herübe der Schiffe macht es aber wahrscheinlich, daß Schiffsd oder vielleicht Rollbrücken gemeint sind.

Ich gehe nach dieser kurzen geschichtlichen Darstel Beschreibung der Kammerschleuse über. Man u det in einer Kammerschleuse drei Haupttheile, nämlich d Stauvorrichtungen, von denen eine gegen das Oberwasser, andre gegen das Unterwasser gekehrt ist, und den mittler worin die Schiffe liegen, während sie gehoben oder gese den. Jene nennt man die Häupter, und zwar dasjenige, sich am Oberwasser befindet, das Oberhaupt, und da überstehende das Unterhaupt. Der mittlere Raum h Kammer.

Die Häupter erhalten Oeffnungen von solcher We Tiefe, daß die größten Schiffe, die durchgehn sollen, h derniß finden. Die Weite der Oeffnung ist gemeinhin zu , daß man sie durch ein Schütz, wie die Oeffnung einer F noch schliessen kann. Außerdem würde dabei auch der U eintreten, daß das Schütz, welches über der Oeffnung sch Durchgehn der Schiffe mit Masten oder hohen Ladungen dert. Von den Dammbalken kann man bei Schiffsschleusen

machen, insofern das Einlegen und Ausheben derselben mühsam und zeitraubend ist. Man schließt daher die Oeffnungen der Schleusenhäupter durch Thore, die sich gewöhnlich um horizontale Achsen drehn, und zwar wendet man in den meisten Fällen zwei gegenüberstehende Thore an, die sich, wenn sie geschlossen sind, gegen einander stemmen. Man nennt sie alsdann Gegenthere. Nur selten, und zwar wenn die Oeffnungen sehr weit haben, schließt man sie durch einzelne Thore, die sich auch um horizontale Achsen gedreht, und beim Oeffnen auf den Boden gelegt werden.

Die Dimensionen der Kammer müssen den größten Fahrzeu- gen, welche die Schleuse benutzen sollen, entsprechen, und ausserdem noch einigen Spielraum lassen, damit eine freie Bewegung bleibt. Dabei entsteht indessen die Frage, ob man die Schleuse nur für ein Schiff, oder zwei, oder vielleicht für noch mehr Schiffe einrichten soll. Die Schleusen, in welchen zwei Schiffe gleichzeitig durchgehen können, nennt man Doppelschleusen, und Kesselschleusen diejenigen, in welche mehr als zwei Schiffe gleichzeitig eintreten können. In Deutschland sind die Doppelschleusen nicht ungewöhnlich. In den Canälen, welche die Verbindungen der Spree und Oder darstellen, sind sie allgemein. In dem nunmehr eingegangnen Max-Clemens-Canal, der von Münster aus, etwa $4\frac{1}{2}$ Meilen in der Richtung nach Nordwesten streckt, ohne jedoch weder diese Stadt noch irgend einen Ort zu erreichen oder zu berühren, befand sich eine sehr alte Schleuse, die steinerne Schleuse genannt, welche sieben der größten Schiffe fassen konnte, während die ganze Anzahl der Schiffe nicht mehr als fünf betrug, und wahrscheinlich niemals gewesen ist. In England und Frankreich kommen, mit seltenen Ausnahmen aus früherer Zeit, keine Doppelschleusen vor. Insofern die Doppelschleusen, wegen ihrer grössern Länge theurer, jedenfalls in der Anlage und Unterhaltung theurer als einfache sind, so muß man fragen, aus welchem Grunde man sie dennoch anlegt. Wenn man auf die Erleichterung der Arbeit beim Ziehen und Oeffnen der Thore nicht Rücksicht nimmt, die in der That wenig in Betracht kommen kann, so würde ein Vortheil bezug auf Zeitgewinn und Verminderung des Wasserbedarfs zu sein. Derselbe stellt sich aber nur insofern heraus, als

die Grundfläche der Kammer etwas kleiner ist, als das Doppelte einer einfachen Schleuse. Letztere muß nämlich den Dimensionen der größten Schiffe entsprechen, bei der Doppelschleuse aber halbiert werden, da es nicht nothwendig sei, zwei der Schiffe gleichzeitig durchzuschleusen, vielmehr neben einem jedesmal ein kleineres befördert werden kann. Dieser Vortheil verschwindet aber, wenn nicht immer zwei verschiedene Schiffe zusammen vor der Schleuse ankommen, und sonach ein Schiff entweder die Ankunft des zweiten abwarten, oder allein durchgeschleust werden muß. Im letzten Fall ist der Zeitaufwand zum Füllen oder Entleeren der Kammer, so wie auch der Wasserverbrauch viel größer, als bei einer einfachen Schleuse, und der Nachtheil in Bezug auf Zeitverlust ist augenscheinlich, indem das erste Schiff nicht sogleich durchgeschleust wird. Es gilt auch in allen Fällen, wo ein freier Verkehr stattfindet, und Doppelschleusen vorkommen, die Regel, daß ein einzelnes Schiff die Ankunft eines zweiten abwarten muß, oder wenigstens nicht früher allein durchgeschleust werden darf, bis es eine gewisse Anzahl von Stunden gewartet hat. Ob indessen eine solche Vorschrift wirklich immer beachtet ist, ist schwer zu controlliren. Hiernach dürften Doppelschleusen nur dann passend sein, wenn ein sehr frequenter Verkehr zu erwarten ist. Außerdem rechtfertigt es sich aber auch, wenn beim Neubau einer Schleuse in einem Canale, der bereits mit mehreren Doppelschleusen versehen ist, diese gleichfalls für die Aufnahme zweier Schiffe eingerichtet wird.

Bei Anordnung von Doppelschleusen entsteht die Frage, in welcher Weise man die erforderliche Vergrößerung der Kammer darstellen soll. Es bieten sich hierzu zwei verschiedene Mittel, nämlich entweder die Verlängerung oder die Verbreitung der Kammer. Im ersten Fall wird der Bau sehr vertheuert durch die große Länge der Kammerwände. Man wählt daher gemeinhin das zweite Mittel oder die Verbreitung, und zwar wird diese vielfach gleichmäßig auf beide Seiten vertheilt, so daß der Grundriß der Schleuse symmetrisch ist, wie Fig. 256. a auf Taf. XXXIV. zeigt. Diese Figur deutet indessen auch den Nachtheil an, den diese Anordnung zur Folge hat. Die Breite der Schleuse muß nämlich beträchtlich größer sein, als die der beiden Schiffe, die zugleich durchgeschleust werden sollen, weil das zweite Schiff beim Einfahren, und

63. Anordnung der Schiffschleusen. 177

erste beim Ausfahren eine schräge Stellung annimmt. Diese Breite vermehrt nicht nur die Anlagekosten, sondern auch bei jeder Füllung der Kammer eine verstärkte Consumption, und in Folge derselben einen entsprechenden Verlust.

aus diesen Gründen hat man oft die Kammer nur zu einer Breite, Fig. 256 b. Die Schiffe dürfen alsdann keine schräge Stellung annehmen, und der erwähnte Zusatz in der Breite der Kammer wird entbehrlich. Bei dieser Anordnung tritt indessen ein Nachtheil ein, der beim freien Verkehr, oder wenn der Eigenthümer des Canals nicht zugleich Eigenthümer aller darauf fahrenden Schiffe ist, sehr störend wird. Dasjenige Schiff, welches zuerst in die Kammer hineinfährt, bleibt nämlich am längsten darin, und dasjenige Schiff, welches später eingefahren ist, kann und muß sogar vor dem ersten aus der Schleuse herausfahren. Um die Streitigkeiten zu vermeiden, welche aus diesem Grunde zwischen den Schiffen entstehen, ordnet man daher die Häupter der Schleuse, wie Figur 256. c zeigt. Dasjenige Schiff, welches zuerst hineinkommt, wird sogleich geschlossen und dadurch vor die Oeffnung gebracht, durch welche es herausfährt, es verläßt sonach zuerst die Schleuse.

Bei Gelegenheit der Doppelschleusen wäre auch noch einer anderen Anordnung zu erwähnen, wobei die Breite der Schleuse nur der des größten Schiffes entspricht, aber mit zwei Unterhöfen versehen ist. Das letzte derselben ist so weit vom Oberhöfen entfernt, daß ein Schiff der größten Art zwischen beiden hindurchfährt, dagegen befindet sich das zweite Unterhaupt etwas näher zum Oberhaupt, und schließt sonach eine kürzere Kammer ab, welche zum Durchschleusen kleinerer Schiffe benutzt wird. In Holland findet man solche Schleusen. Dasselbst sieht man auch zuweilen, wie an den Eingängen des Nord-Holländischen Canals zwei Schleusen von verschiedenen Dimensionen neben einander, von denen die kleinere für den gewöhnlichen Verkehr bestimmt ist, die größere aber nur den Schiffen der Kriegsmarine und den größten Handelsschiffen geöffnet wird. Die Erbauungskosten werden bei dieser Anordnung außerordentlich erhöht, aber andererseits ist der große Vortheil nicht in Abrede zu stellen. Dieser besteht darin, daß beim gewöhnlichen Verkehr das Durchschleusen beschleunigt wird, und die Wassermenge vermindert wird, welche

beim jedesmaligen Entleeren der Schleuse aus dem Oberwasser das Unterwasser fließt. Der letzte Umstand ist wegen der thümlichen Lokal-Verhältnisse dieses Canals besonders v. Wassermangel tritt nämlich hier niemals ein, da der Canal an beiden Enden durch das Meer gespeist wird, aber eben deshalb dem mittleren Theil desselben die natürliche Entwässerung, indem er die eingedeichte Niederung durchschneidet, welche nur Schöpfmühlen entwässert wird, so muß auch dasjenige Wasser aus den Mühlen ausgepumpt werden, welches beim Durchschleusen der Schleuse zugeführt wird. Diese Wassermenge würde aber viel größer sein, wenn man die zur Aufnahme von Fregatten bestimmten Schleusen beim Durchgange jedes kleinen Schiffes benutzen müßte.

Nachdem im Vorstehenden die Bedingungen angegeben sind, von welchen die Dimensionen der Schleusen im Allgemeinen abhängen, ist es nöthig, die einzelnen Theile und deren Anordnung zu bezeichnen. Ich wähle hierbei eine massiv, aber auch eine einfache Schleuse. Fig. 257 stellt dieselbe dar, nämlich *a* im Grundriß und *b* im Längendurchschnitt durch die Mitte der Schleuse, wobei der mittlere Theil der Kammer, der nicht merkwürdiges enthält, fortgelassen ist.

Aus dem Längenprofil ersieht man, daß der Boden der Schleuse nicht durchweg gleiche Höhe hat, sondern sich theils der Sohle des Ober-Canals und theils der des Unter-Canals anschließt. Der obere Boden, den man Ober-Boden nennt, befindet sich im vorderen Theile, wogegen der Unter-Boden sich durch die Kammer des Unterhaupt erstreckt. Zwischen beiden liegt noch der Altschleusen-Boden (8), der, wenn er lothrecht ansteigt, wie oft geschieht im Grundriß nicht sichtbar ist.

In jedem der beiden Häupter befinden sich die Thor-Kammern (2 und 11), worin die Thore sich bewegen. Oberhalb der Thorkammerböden liegen die Vorböden (1 und 10), unterhalb derselben die Hinterböden (7 und 16). In den Böden nebst den dazu gehörigen Mauern oder Seitenwänden sind Dammfalze angebracht, worin bei vorkommenden Reparaturen einzelner Schleusentheile Dammbalken eingelegt werden. Die Hinterböden dienen nicht nur zu demselben Zweck, sondern sie stützen zugleich die Schwellen (6 und 14), wogegen die Thore anlehnen, wenn sie geschlossen sind. Die Schwellen an

oder Schlagsschwellen. Sie müssen über die Thorböden vortragen, damit die Thore sich dagegen lehnen, ohne zu berühren. Der Abfall-Boden (8) bildet den Uebergang vom Vorboden zum Boden der Schleusen-Kammer. Er ist sehr unregelmäßig gestaltet, bald mehr, bald weniger steil, und bald bald gekrümmt.

Oberhaupt erstreckt sich über den Vorboden, die Thorkammer, den Hinter- und Abfallboden fort, soweit die in der Figur angezeigte Verstärkung der Seitenmauern reicht. Die Ausdehnung des Oberhauptes ist gleichfalls durch die Verstärkung der Mauern bestimmt. Man findet in Letzteren mit Ausnahme des Abfallbodens die Theile des Oberhauptes wieder. Die Schleusenkammer, d. h. oder der Raum, worin die Schiffe liegen, während sie sinkt oder gehoben werden, beginnt am Fuß der Abfallbo- den und erstreckt sich bis zur untern Thorkammer. Der Vorboden (Unterhauptes) (10) gehört also eben sowol zu dem letztern, als zur Thorkammer. Er ist in der That von dieser durch Nichts getrennt, und man würde ihn nicht als besondern Theil der Schleuse betrachten dürfen, wenn sich nicht die Dammfalze darin befanden.

Die Dammfalze pflegt man in neuerer Zeit nur einfach zu setzen, so daß die Balkenwand selbst den wasserdichten Schluß bildet, während man sonst in doppelte Falze zwei Wände einsetzte, den Zwischenraum mit Mist anfüllte. Nur über dem Hinterboden des Unterhauptes, wo wegen der höhern Anschwellungen des Wassers der Eintritt eines hohen Wasserstandes während der Operationen der Schleusen am meisten zu besorgen ist, bringt man wie in den Figuren angegeben, auch jetzt noch doppelte Falze an.

Unter den verschiednen Theilen einer Schiffschleuse sind die Thore am wenigstens dauerhaft und bedürfen daher am häufigsten Reparaturen. Um in solchem Fall nicht die ganze Schleuse zerlegen zu dürfen, muß jede Thorkammer für sich abgeschlossen werden können. Dieses ist der Grund, weshalb über den Vor- und Unterböden die Vorrichtung zum Einlegen der Dammbalken angebracht wird. Ueber dem Hinterboden des Oberhauptes ist die Vorrichtung entbehrlich, sobald der Oberboden sich über den gewöhnlichen Stand des Unterwassers erhebt, und sonach von dieser Seite kein Zudrang des Wassers gegen die Thore stattfindet. Die

Dammfalze sind übrigens nicht nur in den Seitenmauern, sondern bei massiven Böden, auch unten eingeschnitten (§. 46.), weil das Mauerwerk, selbst wenn es aus Werkstücken besteht, dennoch gewöhnlich nicht so eben ist, daß ein ziemlich dichter Schluß darüber darstellen läßt. Hat die Schleuse dagegen einen hölzernen Boden, so liegt der untere Dammbalken flach auf demselben, oft bringt man darunter eine Spundwand nebst Fachbaum an, um zu verhindern, daß das Wasser unter dem Bohlenboden hindurchdringt.

Die Thorkammern müssen größere Breite haben, als die andern Theile der Schleuse, damit die Thore, wenn sie geöffnet sind, nicht den Durchgang der Schiffe hindern. An beiden Seiten jeder Thorkammer befinden sich daher Nischen, die man Thornischen nennt (3 und 12), und diese müssen so tief sein, daß von dem geöffneten Thor kein Theil vor die Flucht der Schiffe tritt. In jeder Thornische ist besonders diejenige Kehle wichtig, in welcher die Wendesäule des Thors sich dreht, und welche, wenn das Thor, wenn dieses geschlossen ist, einen wasserdichten Schluß bilden muß. Diese Kehle nennt man die Wendenische.

Die Thore lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, unten gegen die Schlagschwellen, von denen bereits die Rede war, und auf dem müssen sie auch einander berühren oder sich gegen einander stemmen. Die Figur zeigt sie im Oberhaupt geschlossen (4) und im Unterhaupt geöffnet (13). Bei kleinen Schleusen, die nur eine sehr geringe Breite haben, schließt man jede Oeffnung auch wohl durch ein einzelnes Thor, das sich theils an die Wendenische und theils an einen gegenüber befindlichen Pfeiler, oder statt dessen an einen hölzernen Pfosten lehnt. Der Drempel bildet alsdann nicht mehr ein gleichschenkliges Dreieck, sondern eine gerade Linie. Es muß noch bemerkt werden, daß die Stemm-Thore, wenn sie geschlossen sind, durch den Druck des Oberwassers an die Wendenischen, die Schlagschwellen und an einander so fest gepreßt werden, daß eben hierdurch der wasserdichte Schluß sich bildet. Der Wasserdruck, dem ein Thorpaar ausgesetzt ist, während es das Oberwasser begrenzt, verhindert das Oeffnen der Thore. Wenn man diese aber dennoch gewaltsam öffnen, so würde, abgesehen von der Gefahr, der sie selbst ausgesetzt wären, die plötzliche Anfüllung oder Entleerung der Kammern auch für die darin befindlichen Schiffe nachtheilig und gefährlich werden. Man muß daher noch

dafs der Stau oder die Begrenzung des Ober- und Unterwassers von dem einen Thorpaare auf das andre allmählig über die Kammer also mittelst andrer Oeffnungen oder Seitenöffnungen bis zum Niveau des Oberwassers gefüllt, oder wenn sie ge- bis zu dem Spiegel des Unterwassers entleert werden kann. dienen gewöhnlich Oeffnungen in den Thoren, die durch Schütze geschlossen werden. In besondern Fällen wendet man diesem Zweck aber auch überwölbte Canäle an, die zur Seite der Thore liegen, und gleichfalls durch Schütze oder Klappen abgeschlossen gesetzt werden. Solche Canäle nennt man Umfahrungen. In der Zeichnung Fig. 257 sind sie im Oberhaupt durch gestrichelte Linien angedeutet (5), so wie man auch im Längendurchschnitt die beiden Mündungen eines solchen sieht.

Legt die Schleuse an einem Strom, der starken Anschwellungen ausgesetzt ist, wobei die Schifffahrt unterbrochen wird, so ist wichtig, die Durchströmung der Schleuse zu verhindern, weil sie sowohl, wie auch die Schleusen-Canäle dadurch einer starken Abnutzung mit Sand oder Kies ausgesetzt wäre. Das Oberhaupt, durch die Oberthore werden daher bis über das höchste Wasser aufgeführt, wie die Figur zeigt. Bei Canalschleusen, vor denen das Oberwasser in der normalen Höhe gehalten werden kann, ist diese Vorsicht entbehrlich, und die Mauern des Oberhauptes setzen sich in gleicher Höhe an die Kammermauern an.

Zuweilen bringt man auch in den Schleusenkammern Treppen an, um den Schiffen herabsteigen zu können, während diese in der Schleuse liegen. Fig. 261, auf Taf. XXXV. zeigt eine solche Anordnung.

Diese Anordnung hat indessen, abgesehen von einer geringen Vergrößerung der Kosten, den Nachtheil, dafs die Unterbrechung der Mauerfläche für den Verkehr auf derselben störend ist, und für die Arbeiter, welche beim Durchschleusen der Schiffe beschäftigt sind, besonders in der Nacht, leicht gefährlich werden kann.

Man umgibt deshalb eine solche Treppe zuweilen von einer oder von zwei Seiten mit eisernen Geländern. Dieselben sind jedoch beim Ausbringen und Anzieln der Fangleinen sehr hinderlich. Ueberdies ist der Nutzen solcher Treppen nicht erheblicher, als wenn sie auch wohl nur in dem Fall angebracht, wenn der Schleusenwärter verpflichtet ist, die Schiffe während des Durchschleusens zu messen oder in andrer Weise zu controlliren.

Die Flügelmauern, welche zum Anschluß an das Profil dienen, können in dieser allgemeinen Beschreibung gen werden, und eben so ist die Erwähnung andrer Ne hier entbehrlich.

Die richtige Anordnung der Höhenlage der versch Schleusentheile erfordert vorzugsweise eine sorgfältig legung. Im Allgemeinen wird der Bau um so wohlfeiler, der Ober- und Unterboden liegt, weil dadurch die tief dirung vermieden und zugleich die Mauermasse vermindet. Sämmtliche Böden müssen aber so tief liegen, daß selbst b tritt des niedrigsten Wasserstandes die Schiffe darüber ge nen. Auf manchen Strömen hört freilich bei anhaltend die Schifffahrt ganz auf, und in diesem Fall könnte man mit begnügen, den Gebrauch der Schleusen auf etwas höh serstände zu beschränken. Die Wasserstands-Beobachtung auf unsern Strömen schon so lange fortgesetzt, daß man ser Sicherheit daraus entnehmen kann, bis zu welcher kleinste Wasser zuweilen herabsinkt. Indem man ferner gang der beladenen Schiffe im Allgemeinen und zur Zeit nen Wassers kennt, so ist es leicht, die Höhen zu bezei welchen der Ober- und Unterboden einer Schleuse lie. Man pflegt indessen dieselben noch um eine gewisse Qua wöhnlich um einen Fuß, zu senken, um bei zufälligen Aei der Verhältnisse die Schifffahrt nicht zu unterbrechen.

In Canälen, welche stehendes Wasser enthalten, läßt eine zu große Höhe der Schleusenböden dadurch vermei man den Unterboden der einen Schleuse in den Horizont bodens der nächstfolgenden legt, und über beiden den erfo Wasserstand darstellt. Bei Schleusen zur Seite eines St das Gefälle eines Wehrs oder einer Stromschnelle aufhel man dagegen die Verhältnisse der anliegenden Strecken b tigen und namentlich in Bezug auf den Unterboden und U pel auch die Aenderungen nicht unbeachtet lassen, die Weise bei weiterer Ausdehnung der Strom-Correction eint nen (§. 59).

Der Oberboden sowol als der Unterboden einer Sc gen nicht ihrer ganzen Länge nach in gleicher Höhe, Schleusenthore sich mit ihren untern Rändern an die v

haben müssen. Die Thorkammerböden sind daher anzuheben, damit die Schwellen darüber vortreten. Ihre Höhe wird aber nicht weiter ausgedehnt, als dringend nöthig. Der Vorboden des Unterhauptes und der Kammerboden werden wieder mit dem Unterdrempel in gleicher Höhe. Der Boden des Oberhauptes hat gemeinhin eine so geringe Ausdehnung, als die Erhöhung desselben, welche in Fig. 257. b dargestellt ist, kaum noch rechtfertigt, besonders weil sie die Anlage eines neuen Absatzes im Boden bedingt. Dieser Vorboden heftet daher gemeinhin in die Höhe des Thorkammerbodens, wie Fig. 261 zeigt. Die Hinterböden in beiden Häuptern, welche zur Verstärkung der Schlagschwellen dienen, liegen mit diesen in gleicher Höhe.

Vorstehenden ist, wie auch Anfangs erwähnt, der Massivbau vorausgesetzt. Eine wesentliche Aenderung in der Höhenlage des Bodens muß indessen eintreten, wenn derselbe in Holzwerk ist. Das Holz darf nämlich nicht dem häufigen Wechsel zwischen Trockenheit und Nässe ausgesetzt werden, und dieses würde der Unterboden und dem obern Theil des Abfallbodens im Oberhaupt der Fall sein, wenn der Oberboden so hoch gelegt wäre, als die Senkung der Schiffe nach der vorstehenden Untersuchung ge-

fordert. Schonung der erwähnten hölzernen Böden, deren Reparatur sehr schwierig und zeitraubend, daher auch für die Schifffahrt sehr theuer ist, pflegt man dieselben bis unter das niedrigste Unterhaupt zu senken, und hiernach erhält der ganze Oberboden eine niedrige Lage, wie Fig. 258 zeigt. Dabei tritt der Uebelstand ein, daß die Sohle des Ober-Canals bedeutend höher liegt, als der Oberboden der Schleuse. Man kann freilich die Canalsohle allmählig mit dem letztern senken, aber abgesehen von der alsdann erforderlichen nutzlosen Vertiefung und Verbreiterung des Canals, die wieder eine Verlängerung der Flügelmauern bedingt, wird dadurch auch die Ansammlung und Verschlammung der Schleuse befördert, indem die Erde, die beim jedesmaligen Füllen der Kammer eintritt, sich auf der geneigten Sohle des Canals um so leichter in der Schleuse zuführt. Am vortheilhaftesten ist es in dieser Beziehung, die in Fig. 258 angegebne Anordnung zu wählen, und die Dammbalken im Vorboden des Oberhauptes beständig

liegen zu lassen, gegen welche die Erdschüttung in der voll der Sohle des Ober-Canals sich lehnt. Man kann auch, wie falls zuweilen geschieht, statt dieser Balkenwand eine Fall in derselben Höhe aufführen.

In den Amerikanischen Canal-Schleusen Fig. 2 XXXVII. wird der Oberdrempelel sogar zuweilen mit dem drempelel in gleiche Höhe gelegt. Der Abfallboden zwischen fehlt dabei ganz, wogegen vor der obern Thorkammer eine rechte Mauer steht, welche der Sohle des Ober-Canals zu dient. Bei der dort üblichen sehr leichten Konstruktionsv erlaubt diese Anordnung ohne Zweifel eine große Vereinfach ganzen Baues. Die Oberthore erhalten alsdann dieselbe H die Unterthore, und indem die Schütz-Oeffnungen sehr ti bracht werden können, verschwindet nicht nur die Gefahr, Wasser, beim Herabstürzen vom Abfallboden, in das Schiff möchte, welches in der Schleuse liegt, sondern die Geschw des durchfließenden Wassers wird auch größer und sonach Kammer sich schneller an, als wenn die Schütz-Oeffnung nem hohen Abfallboden läge. In den meisten Fällen befür aber in den Amerikanischen Canalschleusen unter den Schla len des Oberhauptes noch eine zweite Mauer von gleiche und der Raum zwischen beiden ist mit einem hölzernen überdeckt. Es kommt auch vor, daß diese zweite Mau eine offene hölzerne Rüstung ersetzt wird, und hierdurch bi Gelegenheit, unter Umgehung von Schütz-Oeffnungen in d ren und von Umläufen, die Kammern durch Oeffnungen in wählten hölzernen Boden zu füllen, wovon später die R wird (§. 67).

Was die Höhe der Schleusenmauern betrifft, s dieselbe von dem höchsten Wasserstande ab, wobei die S noch ausgeübt werden kann. Die Benutzung der Schleuse sobald das Oberwasser die Höhe der Thore erreicht. Da gefüllter Kammer die Unterthore das Oberwasser begren muß die Höhe derselben, eben so wie auch die der Kamr noch über den höchsten schiffbaren Stand des Oberwasser treten. Daß das Oberhaupt und die Oberthore bis über d lut höchsten Wasserstand heraufzuführen sind, ist bereits Wenn aber das Unterwasser zu solcher Zeit nahe diesel

Es ist es ohne Nachtheil, daß dieses die Unterthore übersteigen, dadurch keine heftige Durchströmung und sonach auch Veranlassung veranlaßt wird.

In manchen Fällen erreichen die selten wiederkehrenden höchstwasserstände eine solche Höhe, daß die Oberthore, wenn sie entsprechen sollten, sehr schwer und im Gebrauch unbedienstet würden. Man pflegt alsdann besondere Vorkehrungen zu treffen, wodurch sie, nachdem die Schifffahrt wegen eines zu hohen Wasserstandes bereits unterbrochen ist, noch erhöht werden können.

Dieses geschieht, indem man stark verstreute Wände aufstellt, außerdem dienen zu diesem Zweck auch die sogenannten Sturmtore, welche ein zweites Thor-Paar bilden, das sich gegen die gewöhnlichen Thore in derselben Art, wie diese gegen die Schlagthore lehnt (Fig. 259, *a* und *b* Taf. XXXIV. zeigt diese Anordnung im Grundriß und Längendurchschnitt. Sie kommt indessen nur bei Seeschleusen vor, woher der Name Sturmtor.

Unterhalb der untern Schleuse eines Canals, welche denselben mit dem Meere verbindet, ist man oft noch zur Anbringung eines dritten Thores gezwungen. Die Strecke unterhalb derselben ist allen Veränderungen des Wasserstandes ausgesetzt, die im Meere eintreten. Bei kleinem Wasser liegt sie tiefer als die vorhergehende Canalstrecke, bei Anschwellungen tritt sie auf das Niveau derselben, und steigt zur Zeit des höchsten Wasserstandes sogar noch höher. Die Thore sind alsdann dem Druck von beiden Seiten des gewöhnlichen Unterwassers ausgesetzt, sie öffnen sich, wenn das Oberwasser nimmt das Niveau des Stroms an. Wenn kein besondrer Nachtheil zu besorgen ist, so wendet man keine besondere Maßregeln dagegen an. Wenn dagegen der höhere Wasserstand für die Umgebungen des Canals nachtheilig werden könnte, was namentlich in eingedeichten Ländereien der Fall ist,

so wird die Schleuse so eingerichtet werden, daß sie den höhern Wasserstand des Stroms abhält. Man versieht sie alsdann mit einem zweiten Thorpaare, welches in entgegengesetzter Richtung aufgestellt wird.

Diese Thore nennt man Fluththore. Dieselben werden gewöhnlich in der Art angeordnet, wie Fig. 260. im Grundriß zeigt, nämlich so, daß die beiden Drempel unmittelbar neben einander liegen, und die Wendenischen zu beiden Seiten in dieselben eingegraben sind. Man könnte andererseits auch beide

Thorkammern mit einander verbinden, und die Fluththore zu die Ober- und Unterthore legen. Dabei würde noch der V eintreten, daß die Länge der Schleuse sich etwas verringert, gen blieben alsdann die Unterthore ohne Schutz, und da sie die Höhe der Fluththore haben, würden sie während der An lung ganz unter Wasser bleiben, und bei zufälligen Ereigni wie etwa durch Gegenstoßen des Eises, oder wenn sie beim lenschlage sich abwechselnd öffnen und schliessen sollten, e Beschädigungen ausgesetzt sein. In manchen Fällen darf die fahrt auch während des höhern Wasserstandes im Strom nie terbrochen werden, und die Schleuse muß eben sowol beute den können, wenn der Wasserstand im Strom, als wenn der serstand im Canal der höhre ist. Ein solches Bedürfnis in tief liegenden, eingedeichten Niederungen häufig ein, und die S sen erhalten alsdann in jedem Haupt zwei Thor-Paare in entgegengesetzter Richtung sich öffnen.

Um die Anordnung der Schlensen deutlicher darzustellen um zugleich auf die Unterschiede aufmerksam zu machen, v hierbei vorkommen, theile ich die Grundrisse und Durchs einer Deutschen, einer Englischen und einer Amerikan Schleuse mit.

Fig. 261. auf Taf. XXXV. zeigt eine Ruhr-Schleuse in neurer Zeit ziemlich übereinstimmend mit den dortigen Schleusen ausgeführt ist. Sie ist ganz massiv, auf Béton g det, und der Kammerboden wird durch ein umgekehrtes Ge gebildet. Von den Treppen, welche an den Ruhr-Schleusen sind, ist bereits die Rede gewesen, man bemerkt eine solche ser Zeichnung. Die in Frankreich übliche Anordnung der S sen stimmt im Allgemeinen mit dieser überein, doch fehlen die Treppen.

Fig. 262. *a*, *b* und *c* auf Taf. XXXVI. stellt eine Schle Ellesmere-Canale dar, welche bei Gelegenheit der weitem A nung dieses Canals im Jahr 1805 von Telford erbaut wurde. Schleuse ist gleichfalls massiv und stimmt nahe mit allen schen Canal-Schleusen überein. In den niedrigen Thor Oberhauptes fehlen die Schütze, wogegen Umläufe angebra welche sich in einem gemeinschaftlichen überwölbten Ca dem Oberboden vereinigen und in der Mitte des senkre

in die Schleusenkammer treten. In dieser Schleuse hatte Telford gusseiserne Säulen und Riegel, die selbst bei den großen Schleusen des Caledonischen Canals der sonst üblichen hölzernen Verbandstücke angewendet ist noch darauf aufmerksam zu machen, daß die einzelnen nicht Ebenen, vielmehr cylindrische Flächen bilden. In dieser Form besonders bei größern Schleusen allgemein dadurch dem Brechen der Riegel kräftig vorgebeugt wird.

Fig. 263 zeigt den Querschnitt einer gleichfalls von Telford nahe von Beeston-Castle in Cheshire ausgeführten gusseisernen Schleuse. Der Boden besteht hier aus einem so leicht mit Wasser durchzogenen Triebsand, daß die frühern massigen Schleusen wiederholentlich eingestürzt waren. *) Der in der Fig. 263 dargestellte Querschnitt ist durch die Kammer gelegt, und zugleich die Ansicht des Oberbodens. Die ganze Kammer, auch die Häupter sind von unten und von den Seiten durch eiserne Platten mit Verstärkungsrippen eingeschlossen. Auf einem Pfahlwerk ruht der ganze Bau, und die Füllung der Kammer geschieht durch eiserne Röhren, die wieder am Theil des senkrechten Abfallbodens ausmünden. Der Abfallboden besteht gleichfalls aus Gusseisen, damit derselbe aber beim Ein- und Auslaufen der Schiffe nicht beschädigt werde, so ist er mit Holz

Fig. 265. a, b, c, d und e auf Taf. XXXVII. zeigt eine amerikanische Schleuse, und zwar in derjenigen Anordnung, die von Wright für den James River und Kanawha-Canal in Virginia gewählt ist. Sie hat einen hölzernen Boden und massive

Auf die Einfachheit des ganzen Baues in Folge des in der Höhe durchgeführten Schleusenbodens ist bereits aufmerksam gemacht. Die Schlagschwellen sind auf diesem Boden nur durch Schraubenbolzen befestigt, wie Fig. 265. e zeigt. In Bezug auf die gewählte Anordnung gewiß Vieles zu wünschen und ist deshalb wohl nicht als Muster zu empfehlen.

Fig. 266. stellt den Durchschnitt durch die Kammer einer Schleuse des Schuylkill-Canals dar. Die Anordnung des ganzen Bauwerks stimmt mit der eben beschriebenen Schleuse nahe überein,

*) *of Telford*. London 1838. Seite 37.

und unterscheidet sich nur durch die Holzverkleidung, v Kammermauern und Häupter umgiebt. Selbst die Wehre sind hier aus starken Hölzern gebildet, indem man bei Bruchsteinen nicht ohne bedeutende Kosten beschaffen konnte.

Das Gefälle einer Schleuse ist augenscheinlich von dem des daneben liegenden Wehrs abhängig. Bei Canalschleusen kann man diesem Gefälle eine beliebige Grösse geben, indem die Anzahl der Schleusen, auf welche das ganze Gefälle vertheilt wird, innerhalb gewisser Grenzen beliebig angenommen werden darf. Gefälle von 6 bis 8 Fufs sind die gewöhnlichsten, doch giebt die Vergrößerung derselben bis 12 Fufs keine Schwierigkeiten. Es giebt mehrfache Beispiele, dass auch Gefälle bis 18 Fufs theil gewählt sind.

Bei grossem Gefälle wendet man gekuppelte Schleusen an, d. h. man legt mehrere Schleusenkammern dicht hintereinander, und trennt dieselben nur durch einzelne Häupter, so dass die Unterhaupt der einen Kammer zugleich Oberhaupt der folgenden ist. Die Anzahl der Häupter in einer gekuppelten Schleuse ist sonach um Eins grösser, als die der Kammern, während man so viel Häupter, als Kammern nöthig sind, wenn man dieselben getrennt von einander ausführt. Hierauf beruht der Vortheil der gekuppelten Schleusen. Bei ihrem Gebrauch tritt freilich eine grössere Wasser-Consumtion ein, aber dasselbe geschieht auch bei den einzelnen Schleusen in geringer Entfernung hintereinander, wenn sie durch ausgedehnte Zwischen-Canäle getrennt sind. Bei Gelegenheit der schiffbaren Canäle wird dieser Umstand noch weiter her erörtert werden. Sobald die Lokalität ein sehr starkes Gefälle an einer bestimmten Stelle im Canal bedingt, so thut man, wie dieses alsdann auch immer geschieht, eine gekuppelte Schleuse zu erbauen, wodurch nicht nur die Kosten der Anlage vermindert, sondern auch der Durchgang der Schiffe beschleunigt wird. Die Anzahl der Kammern in den gekuppelten Schleusen ist verschieden. In den meisten Fällen sind es nur zwei, doch giebt es auch drei, vier und mehrere vor. Auf zwei sehr wichtigen Stellen giebt es sogar achtfach gekuppelte Schleusen, nämlich im Canal du Midi neben Béziers und auf dem Caledonischen Canal zwischen dem Loch Lochy und Loch Eil. Das Gefälle des letztern beträgt 62 und das der erstern 68 Rheinländische Fufs.

Schleusen zeigen übrigens in ihrer Anordnung keine Einheit, welche eine nähere Beschreibung nothwendig macht, wir nur zu erwähnen, daß am obern Ende jeder einzelnen ein Abfallboden sich befindet.

Erstens hat man aber auch versucht, durch einzelne Schleusen große Gefälle zu übersteigen. Dieses geschieht durch die so genannten Schacht-Schleusen. Das wichtigste Beispiel dafür ist der in der Mitte des vorigen Jahrhunderts in Schweden gebaute Götha-Canal, welcher den Abfluß des Götha-Flusses in die Nordsee bildet, hat ein sehr starkes Gefälle, der besonders feste und harte Granitfels engt sie theilweise ein, und bildet eine Reihe von Wasserstürzen, von denen die bedeutendsten unter dem Namen des Trollhatta bekannt sind. Die Einrichtung dieser Stromstrecke zum Durchgange hielt man mit Recht für unmöglich, man entschloß sich zur Anlage eines Seiten-Canals, der den Namen Götha-Canal hat und im Anfange dieses Jahrhunderts beendigt wurde. Er hat auch später noch wesentliche Aenderungen erfahren. Der Anfang zu diesem Bau wurde indessen schon viel früher gemacht und zwar nach einem Plan, den Polhem und Elvius entworfen und der im Jahr 1748 die Genehmigung der Regierung erhielt. Hiernach sollte das ganze Gefälle, welches 117 Schwedische 111 Rheinländische Fufs betrug, nur auf drei Schleusen vertheilt werden, nämlich auf eine von 28 Fufs, eine zweite, die Polhem-Schleuse, von 56 Fufs und eine dritte von 36 Fufs. Nach manchen Mittheilungen sollte man glauben, daß man vollständig zur Ausführung gekommen wäre, namentlich nach Hogrewe *). Büsch machte dagegen im Jahre 1780 eine Reise nach Schweden, hauptsächlich um über diesen Canal Nachrichten einzuziehen, und aus seinen Mittheilungen **) geht hervor, daß unmittelbar nach der Ausführung die zweite Schleuse zusammenbrach, und der Canal überhaupt nicht beendigt wurde.

Man hatte ein eigenthümliches System des Schleusenbaues

*) Beschreibung schiffbarer Canäle. Hannover 1780.

**) Neue Darstellung der Bauwissenschaften. Uebersicht des gewerbaues. Bd. II. Hamburg 1796. Seite 163.

in Anwendung gebracht. Um nämlich den Unterthoren nicht übermäßige Höhe geben zu dürfen und um sie zugleich vor starken Druck sicher zu stellen, machte er sie nur einige Fuß hoch und liefs ihre obern Ränder gegen gemauerte Dämme anschlagen, wie dieses auch bei den Entwässerungs-Schleusen Sielen, die in Deichen liegen, geschieht. Jede Schleusenkammer bildete also einen Schacht, und der Unter-Canal verwandelte sich in eine unterirdische Canalstrecke. Die erste Schleuse war schon fertig geworden. Die zweite, welche Polhem's Namen trug und die bedeutendste war, hatte man gleichfalls beendigt und die Thore eingehängt. Bei der ersten Probe drang indessen das Wasser durch das klüftige Gestein so stark hindurch, daß die Kammer sich nur langsam füllte, und als dieses endlich nahe war, brachen die Thore. Dieser Unfall würde indessen noch das ganze Unternehmen vereitelt, vielmehr nur zur Anweisung größrer Vorsicht Veranlassung gegeben haben, wenn nicht im Jahr 1755 ein andrer Umstand eingetreten wäre, der den ganzen Bau unterbrach. Um nämlich diesen Canal oberhalb des stehenden Wasserfalls fortzusetzen, wurde in letzterem, und zwar an der ersten Stelle des Strombetts ein Wehr erbaut, dessen Stau sich alle oberhalb belegnen Wasserfälle ausdehnen sollte. Büsch zeichnet diesen Theil des Projekts als den stärksten Mißgriff. Das Wehr war fertig geworden und hatte einige Zeit hindurch dem drange des Stroms widerstanden, als es plötzlich durchbrach, sogleich vollständig zerstört wurde. Die Regierung war nicht geneigt, auf die neuen Vorschläge von Polhem einzugehn, und das ganze Unternehmen gerieth in Stocken, bis es im Anfang des 18ten Jahrhunderts nach einem ganz andern Plan, und ohne weitere Benutzung jener Schachtschleusen, zur Ausführung gebracht wurde.

Indem die Wirksamkeit der gewöhnlichen Schiffsschleusen wie oben angegeben, darauf beruht, daß die Kammer abwechselnd mit dem Oberwasser in Verbindung gesetzt, und durch dieses gefüllt, alsdann aber wieder bis zum Niveau des Unterwassers abgelassen wird, so folgt hieraus, daß es an hinreichendem Fluß zur Speisung des Oberwassers nicht fehlen darf, damit beim jedesmaligen Gebrauch der Schleuse eintretende Verluste ersetzt werden. Liegt die Schleuse neben einem schiffbaren Strom, so daß sie unmittelbar durch das Oberwasser des V

wird, so ist gewöhnlich kein Wassermangel zu besorgen. Eine Schleuse dagegen zwei Canalstrecken verbindet, von der obere nur mäßige Zuflüsse erhält, die vielleicht während einer Jahreszeit beinahe ganz versiegen, so sinkt das Oberwasser beim jedesmaligen Durchschleusen von Schiffen tiefer herab, und leicht einen so niedrigen Stand ein, daß die Schiffe darauf nicht mehr fahren können. Um diesem Uebelstande zu begegnen, hat man sich mehrfach bemüht, durch andre Anordnung der Schleuse den Wasserverlust zu vermindern, und womöglich ganz zu vermeiden. Von diesen Versuchen wird später die Rede sein.

Man kann mittelst der Schütze oder Umläufe der gewöhnlichen Schiffsschleusen zwar kleinere Wassermassen aus dem Oberwasser zum Unterwasser leiten, wenn in jenem das Niveau sich zu erhöhen, oder in diesem zu tief senken sollte. Die Benutzung der Schiffsschleusen als Freiarchen darf aber nicht zu weit ausgedehnt werden, wenn nicht vielleicht durch besondere Verstärkung des Baues und namentlich des Bodens den Wirkungen des ständigen hindurchströmenden Wassers vorgebeugt ist. Man muß aber, wenn das Bedürfnis einer kräftigen Wasserlösung vorhanden ist, und nicht etwa Freiarchen oder ähnliche Anlagen bereits vorhanden sind, solche noch in besondern Seiten-Canälen neben den Schiffsschleusen zu erbauen.

Wenn die Schleuse aber auch hinreichend solide ausgeführt ist, so kann eine starke Strömung längere Zeit hindurch ohne Nachtheil hindurchgehen zu können, so verbietet dennoch die gewöhnliche Einrichtung der Thore, die Schleuse als Freiarche zu benutzen. Die Thore lassen sich nämlich nur öffnen, wenn der Druck des Wassers aufgehört hat, oder das Wasser oberhalb und unterhalb der Thore beinahe im Niveau steht. Wollte man aber hinreichend kräftige mechanische Vorrichtungen anwenden, um die Thore, trotz des starken Wasserdrucks ungeachtet, zu öffnen, so würden sie, durch die Stemmung gegen einander und die gleichmäßige Unterbrechung durch die Schlagschwellen und Wendenischen aufhört, zerbrechen, und einer noch größern Gefahr würden sie ausgesetzt sein, wenn sie, während ein heftiger Strom hindurchgeht, plötzlich geschlossen würde.

§. 64.

Die Schleusenammer.

Die Schleusenammer, aus dem Kammerboden und den Kammerwänden bestehend, stimmt in ihrer Construction ungefähr mit dem Abschufsboden und den zugehörigen Seitenwänden eines Wehrs oder einer Freiarche überein. Ein Unterschied liegt besonders darin, daß man bei der Schiffsschleuse den Wechsel des Wasserstandes beim jedesmaligen Durchgang eines Schiffes berücksichtigen muß. Aus diesem Grunde wird die Ausführung der Seitenwände in Holz gemeinhin für bedenklich erachtet, zumal hölzerne Wände auch nicht wasserdicht sind, also bei jedem Füllen und Leeren der Kammer das Wasser in die Hinterfüllungs-Erde hinein- oder heraustritt und im letzten Fall einen Theil derselben fortspült, woher Einsenkungen neben den hölzernen Schleusen häufig vorkommen. Andererseits darf man nicht voraussetzen, daß massive Schleusen gar keiner Reparaturen bedürfen. Solche sind nie ganz zu vermeiden, und werden sogar sehr bedeutend, wenn nicht wenigstens die äußern Flächen der Mauern aus festen und frostbeständigen Steinen bestehn. Der häufige Wechsel zwischen Nässe und Trockenheit greift nämlich die weichen Steine nicht nur an, sondern befördert auch besonders das Ausfrieren derselben. Die Reparaturen an hölzernen Schleusen sind aber insofern, als alle neuen Verbandstücke schon vorher zugerichtet werden können, in kürzerer Zeit auszuführen, und sonach ist die Dauer der Schleusensperre geringer, als wenn massive Schleusen in Stand gesetzt werden müssen. Der Holzbau ist aus diesem Grunde, besonders wenn das Bauholz wohlfeil ist, keineswegs verwerflich.

In Betreff der Anordnung der hölzernen Kammerwände ist zu bemerken, daß dieselben gewöhnlich eben so weit, wie die Wände der Thorkammern von einander entfernt sind. Man kann nämlich zurücktretende Thornischen im Holzbau nicht leicht darstellen, und deshalb führt man lieber die Seitenwände längs der ganzen Schleuse in einer Flucht durch, und läßt vor dieselben die starken Stiele, welche die Wendenischen bilden, vortreten. V

ktion der Häupter wird im Folgenden die Rede sein, ist dieser Anordnung nur deshalb Erwähnung, weil sie die Bewegung der Kammer bedingt. Es entsteht hieraus der Nachtheil, dass eine grössere Wassermasse zum jedesmaligen Füllen erforderlich ist, und folglich auch die Zeit des Durchganges etwas ausgedehnt wird.

Die gewöhnliche Konstruktion der Kammerwände stimmt mit den hölzernen Seitenwände der Wehre (§. 45) nahe überein. Die holländischen Schleusen sind aufgesetzte Wände ganz

ähnlich. Dieselben bestehen dort häufig aus zwei übereinander stehenden Wänden, welche im Niveau des niedrigsten Untergrundes durch einen Rahm oder eine Schwelle von einander getrennt sind.

Man erreicht dadurch den Vortheil, dass diejenigen Theile, welche am meisten leiden, sehr leicht, und ohne Kosten die Schleuse trocken legen darf, erneuert werden können.

Die Abbildung a und b auf Taf. XXXVIII zeigt diese Anordnung in der Front und im Querschnitt. Die Streckbalken, welche den Untergrund des Bodens bilden, sind mit den besonders breiten Theilen der untern Wände verkämmt. Auf diesen stehen die unteren Stiele, und zwar sind sie nicht nur darin verzapft, sondern in deren Stärke einige Zoll tief eingelassen, so dass eine hinreichende Brüstung ihr Herausschieben verhindert. Winkelstücke aus krummen Holzstücken, die sich der Form der Schiffe anschliessen, stützen jeden einzelnen Stiel. Der Rahm über dem unteren Stiel ist zugleich die Schwelle der obern Wand, und die letztere werden durch Erdanker gehalten.

In den kleinem hölzernen Schleusen in den Niederlanden, welche von Bötten oder von Lichterfahrzeugen ohne Masten passiert werden, sind häufig durch Wände eingeschlossen, in welchen vor jedem Stiel ein höherer Stiel steht, der mit dem gegenüberliegenden durch einen Spannriegel verbunden ist. Letzterer muss so beschaffen sein, dass die Schiffe darunter fortfahren können. Gegenüber dem obern Stiel lehnen sich aber zu beiden Seiten der Kammer die Rahmen der Schleusenwände, und jede weitere Verankerung ist entbehrlich. Tilemann von der Horst spricht sogar von einem Gebinden, aus zwei Pfählen und obern und untern Stielen bestehend, die noch durch Bänder verbunden sind. Diese müssen vollständig zusammengesetzt werden, bevor sie

aufgestellt und eingerammt oder mittelst eines angehängten in den vorher ausgetieften Grund herabgedrückt werden*).

In Nordamerika, und zwar in solchen Gegenden, wo beinahe keinen Werth hat, erbaut man hölzerne Schleusen auch zuweilen in ähnlicher Art, wie das Wehr bei Shuyli (Fig. 175 auf Taf. XX), indem zwischen die sich durchkreuzenden Balken kleine Steine gepackt werden. Man stellt indessen davor, gegen welche ein doppelter, möglichst dichter Bolzen genagelt wird**).

Die massiven Kammermauern sind wesentlich niedriger als Schälungs-Mauern, es gelten daher für sie dieselben Regeln, welche in §. 3 entwickelt sind. Man muss aber besonders auf die sorgfältige Ausführung der Schleusenmauern achten, weil der häufig eintretende bedeutende Wechsel des Wasserstandes den Steinen sehr nachtheilig werden kann. Dazu noch, dass bei einiger Undichtigkeit des Mauerwerks das Wasser auch durch dieses beim jedesmaligen Durchschleusen eine neue in der einen oder andern Richtung hindurchfliesst, und in die Auen sich leicht erweitern, wird der Zusammenhang der Schleusen bedroht.

Die Anwendung eines guten Mörtels, der schnell erhärtet und dauernd fest bleibt, sowie die sorgfältige Ausführung der Arbeit, wobei sowohl die Lager- als Stossfugen vollständig zu werden, ist dringendes Erforderniss. Eben so wichtig ist auch, wenigstens zur Verkleidung dieser Mauern nur solche Ziegel zu benutzen, die weder erweichen noch ausfrieren. In den kalten Ländern sind die meisten Schleusen aus gebrannten Steinen gebaut, es gehört aber eine längere Erfahrung dazu, bevor man die Brauchbarkeit derselben für diesen Zweck ein sicheres Urtheil bilden kann, und es fehlt nicht an Beispielen, dass solche Schleusen von einigen Wintern keinen Beweis für die hinreichende Haltbarkeit der Ziegel liefern. Wenn aber die Steine auf grossen Flächen auswittern und abbröckeln, so ist eine solide Reparatur unthunlich und es bleibt nur übrig, die Mauer neu aufzuführen.

* *Encyclopédie ou le Dictionnaire des arts, métiers et machines universelles*, 1736. T. Deux. pag. 8.

** *Mémoires, travaux publics des états-unis d'Amerique*. Paris 1837.

Die Verkleidung der Mauern mit festen Steinen ist insbesondere bedenklich, als man besorgen kann, dass die äussere Verblendung sich mehr oder weniger setzen möchte, als die Hintermauerung. Dies tritt besonders ein, wenn die Höhe der Lagerfugen in beiden Mauer sehr verschieden ist, wie dieses jedesmal geschieht, wenn eine Mauer aus gebrannten Steinen mit Werkstücken verkleidet wird. Doch auch in diesem Fall vermindert sich die Besorgniss, wenn ein guter hydraulischer Mörtel benutzt wird, der beim Erhärten nicht schwindet.

Zuweilen giebt das Quellwasser die nächste Veranlassung zur baldigen Beschädigung der Schleusenmauern. Wenn nämlich die Schleuse auf einem wasserdichten Felsboden oder auf sehr festem Thonboden ausgeführt ist, und die Flügelmauern sich wasserdicht mit dem höhern Ufer anschliessen, so finden die Quellen und Adern, welche vom Ufer aus in den abgeschlossnen Raum ausmünden, keinen Ausweg und das Grundwasser steigt bis zur Höhe der Flügelmauern auf. Es dringt alsdann in diese ein, und sickert hindurch. Ich habe in mehreren Fällen diese Erscheinung wahrgenommen, und oft bemerkt, dass diejenigen Schleusenmauern, welche sich an dem höhern Ufer dehnen, auffallend stärker angegriffen waren, als die an dem niedrigeren Ufer liegenden. Man kann diesem Uebelstande leicht begegnen, wenn man hinter solchen Mauern Sickergräben (Theil I, §. 29) anlegt, und dieselben durch Oeffnungen, welche durch die Flügelmauern gebohrt werden, mit dem Unterwasser in Verbindung setzt.

Bruchsteine eignen sich, wenn sie lagerhaft und fest sind, ebenfalls zur Ausführung von Schleusenmauern, auch ist die Verwendung eines solchen Mauerwerks mit Hausteinen zulässig, sobald diese ungefähr gleiche Höhe mit den Bruchsteinschichten haben.

Regelmässigkeit der sichtbaren Mauerflächen ist indessen ohne wesentlichen Nutzen, und man kann, wenn es auf Kostenersparung ankommt, und nicht etwa die nächsten Umgebungen oder andre besondere Umstände eine besondere Eleganz fordern, der Solidität und Brauchbarkeit unbeschadet, die Mauern der Schleusen, mit Ausnahme der Weidenischen, aus Bruchsteinen ausführen. Es dürfen freilich nicht einzelne Steine oder Ecken derselben vortreten, die Schiffe an solchen leicht hängen bleiben, aber wenn man die Mauern gehörig abnet, so ist es kein Uebelstand, dass die weniger regelmässigen Fugen das Material erkennen lassen, woraus die

Mauer besteht. Die ganze Mauermasse ist in solchem Fa aus gleichmässig, woher eine Trennung durch verschied Setzen nicht vorkommt. Man darf auch nicht fürchten, Fugen, die allerdings stellenweise sehr stark ausfallen, da hindurchlassen werden, sobald man sie sorgfältig mit p Steinstücken und gutem Mörtel gefüllt hat. In Amerika v man zuweilen, wie Fig. 266 auf Taf. XXXVII zeigt, selbst Mauern, die ohne Mörtel ausgeführt sind, mit doppeltem Boh der gegen hölzerne Stiele genagelt wird. Dabei werden vergl weise gegen solide Mauern nur etwa 17 Procent der Anl erspart, und man ist daher in neuster Zeit von dieser t tionsart zurückgekommen.

Die grösste Solidität erreicht man ohne Zweifel, wenn Mauer aus Werkstücken ausgeführt ist, die mit gehör icht und mit Anwendung eines guten Mörtels versetzt si Kosten sind in diesem Fall sehr bedeutend, doch kann wesentlich ermässigen, wenn man allen Anforderungen en nicht ausschliesslich durch die Regeln der Construction t werden. Grosse Dimensionen der einzelnen Steine sind entbehrlich, kleinere Steine lassen sich sogar viel leichter und liefern daher bei gleicher Sorgfalt der Ausführung ei Mauerwerk. Die Anforderung, dass alle Schichten gleich sollen, ist gleichfalls unbegründet. Es ist nur dahin zu s alle Steine in einer Schicht gleiche Höhe haben. Ferne sorgfältige Bearbeitung der innern Steine überflüssig, it muss aber mit der der äussern übereinstimmen, und da letz so wie jene in das Mörtelbette fest eingesetzt werden mi ist es schwierig, diese so genau zu versetzen, dass ihr Flächen ganz scharf in die Flucht der Mauer treffen u mässige und feine Fugen zeigen. Es bleibt daher nur übr der Mörtel erhärtet ist, die äussere Mauerfläche nach (§. 1). Hiernach verschwindet jeder Grund, diese äusse sehen vor dem Versetzen mit der grössten Sorgfalt zu b Bedingung bleibt es aber, die festesten Steine zur Verklei Mauer zu verwenden. Häufig tritt der Fall ein, dass in d Steinbruch nur einzelne Lagen, und namentlich die tiefe beständig sind, während diese nicht gewonnen werden köm dass vorher die oberen, weniger dauerhaften, Lagen gebro

Es ist dem Besitzer des Steinbruchs sehr erwünscht, und er verlangt billige Preise, wenn er die festeren und weicheren Steine liefern darf. Er kann aber selbst die dünnern Schichten des Bruchs benutzen, wenn man keine bedeutende Höhe der Mauer bedarf, und nur ein gewisses Minimum, etwa von 8 Zoll für die Mauerhöhen bedingt. Die andern Dimensionen sind zwar von der Höhe abhängig, doch ist es überflüssig, bestimmte Maaße zu verlangen. Nur in der äussern Fläche angemessene Längen der Steine fordern, um eine gehörige Ausbildung der Stossfugen darstellen zu können.

Die Profile der Kammermauern sind von denselben Bedingungen abhängig, die für die Futtermauern (§ 3) entwickelt sind, der eintretende Wechsel des Wasserstandes erfordert jedoch eine grössere Stärke der Schleusen-Mauern.

Innerhalb den Grenzen des obern und untern Wasserstandes dürfen die Mauern in der der Kammer zugekehrten Fläche keine Böschung erhalten, wenn die Breite der Kammer so weit beschränkt ist, als die durchgehenden Schiffe.

Bei Anbringung einer solchen Böschung würde die Breite überflüssig vergrössert, oder zum Nachtheil der Schifffahrt zu werden. Auch unter dem Unterwasser führt man die Mauer nach unten hin lothrecht auf, giebt ihnen also an der Seite, welche der Kammer zugekehrt ist, keine Böschung. Dieses geschieht wenn die Schiffe entweder keine bedeutende Einsenkung oder die Form ihres Querschnitts sich einem Rechteck nähert, bei Fluss- und Canalschiffen mehr oder weniger der Fall ist. In den Amerikanischen Canalschleusen sind die Mauern meist im Verhältniss von 1 : 10 geneigt (§ 3).

Bei den Kammerschleusen und andre Hafenschleusen, welche von Schiffen benutzt werden, die auf den Kiel gebaut, und wenn auch nicht beschwert, doch jedesmal mit abgerundetem Boden versehen sind, ist die Kammermauern unbedenklich in den untern Theilen in der Mauer vorzutreten, wodurch ihre Stabilität wesentlich gewinnt. Es ist zu bemerken, dass die Lager-Fugen normal gegen die Krümmung, nach aussen gekehrt sind, ist in diesem Fall ohne Nachtheil, da

der untre Theil der Mauer beständig unter Wasser bleibt. Anordnung hat man fast bei allen neuern Schleusen in England gewählt, die für den Durchgang der Seeschiffe bestimmt sind. Ford baute in dieser Weise die Schleusen des Caledonischen Ozeans. Fig. 270 zeigt den Querschnitt der später ausgeführten Schleuse bei Meyton-Gate im neuen Hafen zu Kingston-upon-Hull. Die Krümmung des untern Theils der Mauer setzt sich in der Mitte des Bodens durch die ganze Breite der Schleusenkammer fort. Die Mauern sind aus Ziegeln aufgeführt, in den obern Theilen doch mit Werkstücken verkleidet.

Ganz im Gegensatz zu der vorstehend angegebenen Profile der Kammermauern geschieht es zuweilen, dass man bei Reparaturen derselben, um einige Kosten zu sparen, sie bis zur Höhe des Unterwassers abbricht und dafür gepflasterte Böschungen bringt. An den Saal-Schleusen im Merseburger Bezirk war dies verschiedentlich vorgekommen. Die zum Bau der Mauern verwendeten Steine waren keineswegs besonders fest, auch der Mörtel hatte im Laufe der Zeit seine Bindekraft verloren. Als die Mauern nicht mehr haltbar waren, entschloss man sich, sie nur bis zum Unterwasser neu aufzuführen, oder auch wohl nur auszubessern und von hier ab den Seitenboden ein oder ein und ein Viertel flüssig abzuböschern und mit dem aus dem Abbruch gewonnenen Stein-Material abzuflastern. Die Kammer wurde auf diese Weise im obern Theile sehr erweitert. Der dadurch veranlasste Mehrbedarf an Wasser zum Füllen der Schleuse durfte unbeachtet bleiben, da die Saale hinreichendes Wasser führte, dagegen wurde die Geschwindigkeit der Füllung und Entleerung der Kammer ansehnlich verlangsamt, auch der Verkehr unmittelbar neben den in der Schleuse liegenden Schiffen in nachtheiliger Weise erschwert, der grösste Uebelstand zeigte sich aber darin, dass die in die gefüllte Kammer eingedrungenen Schiffe beim Ablassen des Wassers aller Vorsicht unternommen sich leicht auf die Dossirung aufsetzten. Geschah dieses, so musste schleunigst die Schütze in den Unterthoren geschlossen und die Oberthore wieder geöffnet werden, um das Schiff möglichst hoch zu heben. Dieses war um so dringender, als hier, nur bei abwärts gehenden Schiffen herabgehn. Man sah sich daher bald gezwungen, hölzerne

* *Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. I.*

auf die Ränder der Mauern aufzustellen, um die Schiffe den untern engen Theil der Kammer herabzuführen. Bei längerer Zeit ist man bemüht, diese verschlechte Anordnung zu beseitigen.

Öfentlich werden die Kammermauern nicht mit Streben versehen, man giebt ihnen vielmehr solche Profile, dass sie hinreichende Stabilität haben. Auch in Frankreich und den Niederlanden geschieht dieses in neuerer Zeit, in England werden die Schleusenmauern fast jedesmal durch Streben verstärkt, wie man bei der kleinen Kanalschleuse Fig. 262, so auch an der Schleuse in Hull, Fig. 270, bemerkt. Die letztern sind bei einer Höhe von 25 Fuss oben 7 Fuss und werden durch Pfeiler von quadratischem Querschnitt von 12 Zoll Seite unterstützt, die in Abständen von 12 Fuss von Mitte aufgeführt sind.

Wegen dem häufigen Betreten der Kammermauern, und besonders Ketten oder Taae beim jedesmaligen Durchgehn eines Schiffes aufgebracht und darüber gezogen werden, ist es nöthig, eine Deckung mit besonders festen und hinreichend starken Decken anzubringen. Man bemerkt dieselben in allen mitgetheilten Querschnitten und Grundrissen der massiven Kammermauern.

Der Kammerboden besteht entweder aus Holz, oder er ist aus Stein und zwar werden hölzerne Böden nicht selten auch bei den Schleusen angewendet.

Öfentlich bemüht man sich, den Kammerboden möglichst wasserdicht zu machen. Diese Absicht rechtfertigt sich dadurch, im entgegen gesetzten Falls bei dem wechselnden Wasserstande in der Kammer ein Durchquellen nach der einen und der andern Seite eintreten kann, welches wieder ein Auspendeln der Erde unter der Schleuse und zur Seite derselben, auch wohl grössere Uebelstände besorgen lässt. Dagegen kann das nachtheilige Durchquellen des Wassers vom Oberwasser bis zum Unterwasser durch die Wasserdichtigkeit dieses Bodens nicht verhindert werden.

Wenn ein solches Durchquellen nur unter dem Oberhaupt, oder unter dem Unterhaupt Statt findet, und der Kammerboden wasserdicht ist, so wird dieser einem aufwärts gerichteten Druck ausgesetzt sein, welcher der Höhe des Oberwassers entspricht. Es tritt dabei freilich ein Gegendruck statt, der sich aus dem

Wasserstände in der Schleusenammer und aus dem Gewicht des Kammerbodens zusammensetzt, nichts desto weniger kann der erste Druck bei starkem Gefälle und sonstigen grossen Dimensionen der Schleuse, sobald die Kammer entleert ist, so beträchtlich werden, dass ein schwacher Boden gehoben und gebrochen wird. Dieser Gefahr begegnet man zuweilen dadurch, dass man den Boden absichtlich nicht wasserdicht macht, und es wird sogar von einigen Baumeistern empfohlen, die Fugen zwischen den Bohlen des Bodens nicht zu dichten*). Die zuerst erwähnten Uebelstände eines undichten Bodens sind indessen wohl vorzugsweise zu berücksichtigen, und es ist daher angemessener, für die möglichste Wasserdichtigkeit des Schleusenbodens und zugleich für die gehörige Festigkeit desselben zu sorgen. Die Englischen und Französischen Baumeister sind auch stets bemüht dieses zu erreichen, und in den Niederlanden, wo hölzerne Schleusenböden beinahe ausschliesslich vorkommen, wendet man die grösste Vorsicht an, um sie so wasserdicht und zugleich so fest als möglich zu machen. Dabei ist zu erwähnen, dass man bei den ältern Schleusen hiesiger Gegend den nicht gedichteten Boden auch an beiden Seiten vor den Kammermauern mit starken Spundwänden zu umgeben pflegte.

Die massiven Kammerböden sichert man gegen den aufwärts gerichteten Druck, indem man sie mit verkehrten Gewölben bedeckt. Ein solches muss aber, wenn es seinen Zweck erfüllen soll, mit hinreichend starken Widerlagern versehen sein, oder in die Kammermauern eingreifen und sich vollständig gegen diese stützen. Hieraus ergiebt sich die Regel, dass man zuerst das Gewölbe ausführt, und zwar beginnt man in dessen Mitte, oder mit dem Versetzen derjenigen Schicht, welche die Schlusssteine enthält. Die nächsten Schichten werden zu beiden Seiten gleichmässig dagegen gemauert und man sorgt dafür, dass sie immer in festen und geschlossnen Lagerfugen sich berühren. Die letzten Schichten dürfen zwar nicht mit ihren obern Flächen in die Kammermauern treten, weil sie in diesem Fall den Verband derselben unterbrechen würden, aber die Lagerfugen, welche die Bogen begrenzen, müssen vollständig in diesen Mauern liegen, wie Fig. 262 c und Fig. 271

*) Eytelwein, praktische Anweisung zur Wasserbaukunst. IV. Heft. Berlin 1808. Seite 52.

Man darf hiernach die Kammermauern vor der Beendigung nur bis zur Höhe der äussern oder untern Fläche des Bogens aufführen, und erst nachdem dieser vollendet wird die horizontale Steinschicht, welche den Bogen herabwärts schliessend dagegen gesetzt. Die hierauf ruhende wirkt alsdann in derselben Art, wie sonst das Widerlager. Bei der in Fig. 262 dargestellten Canalschleuse liegt das aus Brücken aufgeführte Gewölbe, ohne Untermauerung, unmittelbar auf dem Thonschlag, und dieser ist zuvor nach der cylindrischen Form abgeglichen, so dass er den Lehrbogen bildet, auf dem das Gewölbe aufmauert. Die Construktionsart ist bei kleinen Schleusen in England nicht ungewöhnlich, auch rechtfertigt sich bei mässigen Dimensionen der Schleusen, wenn der Unterbau einen festen und wasserdichten Klaiboden besteht. Dagegen ist es für grosse Schleusen und bei ungünstigem Baugrunde nicht möglich, die künstliche Fundirung auch unter dem verkehrten Thonschlag fortzusetzen, wie Fig. 261 *d* zeigt. Unter demselben besteht in diesem Fall nicht nur ein 3 Fuss starkes Béton-Gewölbe, sondern dieses ist auch in der Mitte $1\frac{1}{2}$ und an den Seiten 2 Fuss hoch übermauert. Bei den Schleusen des Marne-Rhein-Kanals, die grossentheils auf festem Kiess gebaut sind, ist die Untermauerung aus Bruchsteinen in der Mitte des Kammerbodens 1 Fuss 6 Zoll stark. Das darauf ruhende Gewölbe besteht aus roh gebrannten Hausteinen von 11 Zoll Höhe. Letzteres lehnt sich auf eine vor die Mauern vortretende Werksteinschicht. Fig. 271 zeigt den Querschnitt durch die Kammer dieser Schleuse mit der Lage des senkrechten Abfallbodens. Bei grössern Schleusen kann man dem massiven Kammerboden eine viel bodentendere Untermauerung geben, die zuweilen 6 bis 7 Fuss beträgt.

Die bereits erwähnte Schleuse in Hull (Fig. 270), auf einem festen Rost fundirt, hat einen gewölbten Boden, der in der Mitte der Kammer unmittelbar auf dem Rost aufliegt. Das Gewölbe aus Bruchsteinen in Pazzolan-Mörtel ausgeführt, ist 2 Fuss 3 Zoll stark, und ist, wie in England üblich, aus drei concentrischen Bogen. Der Rost dieser Schleuse ruht auf Pfählen, die in beiden Richtungen und zwar eben sowohl unter den Mauern, wie unter dem Gewölbe im Abstände von 5 Fuss von Mitte zu Mitte eingebracht sind. Rostschwellen, nach der Länge der Schleuse gestreckt,

verbinden die Pfähle reihenweise unter einander. Der Grund bis 1 Fuss tief unter diesen Schwellen ausgebagert, und die Oberfläche der Schwellen in Bruchsteinen und Mörtel ausgegipst. Die Grundbalken eben so, wie die Schwellen bestehen aus Eichenholz. Sie sind 12 Zoll breit, aber nur 6 Zoll hoch und liegen nahe neben einander, dass die lichten Zwischenräume nur wenig weit sind. Letztere sind mit Ziegeln sorgfältig ausgemauert. In den Häuptern noch mit einer zusammenhängenden Lage getrockneten Filzes überdeckt. Der Bohlenbelag, aus 6-zölligen Eichenbohlen bestehend trägt das Mauerwerk.

Wenn der Vorthail dieser verkehrten Gewölbe namentlich bei weiten Schleusen auch unbedingt anzuerkennen ist, sobald sie eine ausreichende Stärke und angemessene Pfeilhöhe haben, so darf man sich davon doch keinen Erfolg versprechen, wenn sie etwa aus einem halben Stein stark und dabei sehr flach sind. Letztlich ist bei Fluss- und Canal-Schleusen gewöhnlich der Fall, dass die durchpassirenden Schiffe nur ebene Böden haben und man zur Vermeidung tiefer Fundirungen die Schleusenböden an den Seiten nicht zu weit heben mag. Solche Wölbungen widerstehn nur wenig dem aufwärts gerichteten Druck, und da der Verband mit dem darunter befindlichen Mauerwerk fehlt, so ist es sogar zweifelhaft, ob die Wölbung nicht den Boden verstärken würde, wenn man ihn statt der Wölbung bis zur gleichen Höhe horizontal übermauerte. Dazu kommt noch, dass wegen des fehlenden Verbandes unter solchem Gewicht leicht Wasseradern sich hindurchziehen, die während die Schleuse noch leer ist, stellenweise das Gewölbe heben. In zwei verschiedenen Fällen habe ich diese Erscheinung bemerkt. In einem derselben ergab sich beim Aufbrechen der schadhaften Stelle, dass die Betonbette darunter ganz unversehrt und wasserdicht waren und das Wasser nur zwischen diesem und dem Gewölbe drang. Letzteres hatte also seinen Zweck verfehlt, und eine solche Uebermauerung in horizontalen Schichten würde vortheilhafter gewesen sein.

Zuweilen, und selbst bei massiven Schleusen haben die Böden nur hölzerne Böden. Dieselben werden jedoch auf verschiedenartige construirte, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Bei der in Fig. 265 dargestellten Amerikanischen Schleuse am James River und Kanawha Canal ist ein liegender B

Seine Anordnung erscheint insofern nicht zweckmässig, als Spundwände darunter stehen, von denen man annehmen muss, dass sie fest eingerammt sind, und sonach für die darauf lastenden Lasten Setzen verhindern, während der übrige Bau den natürlichen Boden wahrscheinlich etwas comprimirt. Die Schwellen des Bodens aus Kiefernholz bestehend, und 12 Zoll im Gevierten stark, reichen sich durch die ganze Breite der Schleuse, und zwar bis an die Kammermauern. Der lichte Zwischenraum zwischen den Schwellen beträgt 6 Zoll. Unter den Schlagschwellen liegen sie unmittelbar neben einander. Sie sind nur auf den natürlichen Boden gebettet, der deshalb vorher horizontal geebnet ist. Der Raum zwischen je zwei Schwellen ist mit Puddle, oder einem Gemenge von Thon und Steinschlag ausgefüllt. Darüber ist ein starker Bohlenbelag mit 9-zölligen eisernen Nägeln genagelt. Derselbe trägt die Kammermauern, während er im Kammerboden noch mit einem 2 Zoll starken Belag überdeckt ist, der wiederum eben so langen Nägeln auf die Schwellen genagelt ist. Die Nägel der beiden Beläge überdecken sich gegenseitig, und die Bohlen sind möglichst scharf zusammengetrieben, und schliessen auch an die Mauern scharf an*).

Dieselbe Constructions-Art ist auch gegenwärtig in Amerika üblich. Nach der Länge der Schleuse werden selten einige Bohlen als Unterlage gestreckt, die Querschwellen reichen bis unter die Mauern und darauf liegt der 2 Zoll starke dicht schliessende Bohlenbelag. Zwischen den Mauern wird derselbe noch von einem eben so starken Bohlenbelage überdeckt, dessen Fugen je nach der Länge auf die des untern treffen. Um das Durchquellen des Wassers unter dem Rost zu verhindern, sichert man denselben durch das drei Querspundwände, gegen welche zäher Thon gestampft ist. Dieses geschieht fast überall, wo nicht ein dichter Felsboden selbst den Schleusenboden bildet**).

Eigenthümlich ist die am Long-Sault Canal angewendete Construction des Schleusenbodens. Dieser Canal wird von den grossen

Report, specifications and estimates of public works in the United States. London 1841 pag. 135

Malheur, travaux publics des états-unis d'Amérique. Paris 1873

Dampfschiffen benützt, welche den St. Lorenz-Strom befahrt, dem er die Wasserfälle des Letztern unterhalb des Erie-Sees geht. Die Schleusen sind 55 Fuss Rheinländisch weit. Da diese Weite in der Nähe des Kammerbodens nicht erforderlich ist, so sind die Kammermauern im untern Theile so stark gebaut, dass der Boden nur auf 41 Fuss frei liegt. Auch hier hat man den liegenden Rost angewendet. Die Rostbalken sind aber nicht durch die ganze Breite der Schleuse gelegt, sondern aus mehreren Stücken zusammengesetzt. Die beiden äussern Stücke liegen horizontal unter den Mauern, von diesen ausgehend senken sich die innern Balken in der Mittellinie der Schleuse 3 Fuss tiefer, um hier gegen einander, um dem von unten wirkenden Wasserdruck den nöthigen Widerstand leisten zu können. Die solche Art zusammengesetzten Balken liegen 2 Fuss weit voneinander und bestehn aus hochkantig verlegten Halbhölzern, die ruhn auf fünf Langschweller, von denen drei die betreffenden Balken tragen, zwei aber die schrägen Stücke in der Mitte unterstützen. Um die Spannung möglichst zu verstärken, sind eichene Balken in die Stösse getrieben. Die Rostbalken tragen den doppelten Belag, derselbe bildet also eine flach dossirte Rinne. Diese Rinne wird wieder mit einem festen Thonschlag ausgefüllt, der sich über der Oberfläche einer zweiten Balkenlage erhebt, die horizontal von der einen Mauer bis zur andern reicht. In den Häuptern der Schleusen, namentlich in den Thorkammern, die 60 Fuss weit sind, ist eine ähnliche jedoch noch complicirtere Construction gewählt*).

Die bei uns übliche Construction der hölzernen Schleusen zeigt Fig. 268 auf Taf. XXXVIII. Der Pfahlrost trägt die seitlichen Mauern und bildet dazwischen den Kammerboden. Die Pfähle stehn sowohl nach der Länge, wie nach der Breite der Schleuse in geraden Reihen. Die Entfernung der Quer-Reihen voneinander beträgt gewöhnlich 4 Fuss von Mitte zu Mitte, die der Längs-Reihen ist dagegen unter dem Kammerboden grösser, als unter den Mauern. Das Gewicht und die Breite der Mauern bedingt diese Entfernung, während die Reihen unter dem Boden etwa 5 Fuss voneinander zu Mitte abstehn. Spundwände pflegt man in neuerer Zeit

* Michel, *Chenalier histoire et description des rois de commerce* Paris 1788. Vol. II. pag. 300.

ern nicht anzubringen, während früher der Rost der inneren Seite, also gegen den Kammerboden durch eingeschlossen wurde. Die schwachen Spundwände ausern Seiten der Wände dienen vorzugsweise nur zur Abhaltung des Quellwassers während des Baues. Die Pfähle unter dem Rost werden durch Rostschwellen mit einander verbunden, wie gewöhnlich in der Richtung der Mauer liegen. Die Rostschwellen sind zugleich die Grundbalken des Kammerbodens, überschneiden die Rostschwellen so tief, dass sie nur die Stärke der Rostbohlen darüber vorragen, und sind unter dem Kammerboden auf alle Pfähle aufgezapft. Die Pfähle sind zum Zweck mit starken Zapfen versehen, die durch die Grundbalken durchreichen. Nachdem letztere aufgebracht sind, wird der Boden durch zwei von oben eingeschlagene sich kreuzende Pfähle aufgespalten und in beiden Richtungen fest angetrieben, so Abheben des Grundbalkens nicht erfolgen kann. Man kann wohl das Zapfenloch an der obern Seite etwas zu erweitern, damit die Zapfen beim Auseinandertreiben die pyramidale Form annehmen, und die Grundbalken um so sicherer halten. Es werden die Pfähle auch so versetzt, dass sie abwechselnd an der einen und der andern Seite der Grundbalken etwas vortreten. Die Balken werden alsdann von Blattrapfen eingeschlossen, und diese durch Bolzen verbunden. Es ist nicht in Abrede zu setzen, dass unter einem undichten Schleusenboden, wo also ein Ausströmen des Wassers bald in der einen und bald in der andern Richtung besorgt werden muss, die aufgespaltenen und umgekehrten, also schon stark beschädigten Zapfen wenig Haltbarkeit und Dauer versprechen, woher die Blattrapfen wohl den Vorzug verdienen.

Zwischen den Pfählen hebt man etwa 2 Fuss tief den Grund aus und bringt statt dessen einen festen Thonschlag ein, der so unter den Mauern, als unter dem Kammerboden bis zur Unterseite des Bohlenbelags fortgesetzt, und hier horizontal ausgeglichen wird. Der Bohlenbelag unter den Mauern, der also den Rost bildet, liegt indessen tiefer, als derjenige der den Kammerboden bedeckt. Jener wird nämlich zwischen die Zangen der Grundbalken gelegt und bildet mit den obern Flächen derselben eine Ebene, dieser dagegen liegt auf den Grundbalken, wie

die Figur zeigt. Derselbe besteht gewöhnlich aus 4-zölligen Bohlen, die entweder stumpf oder auch wol mit halber Spundung zusammenstossen, deren Dichtung aber, wie bereits erwähnt, absichtlich unterlassen wird. Dass die Stösse immer in die Mitte der Grundbalken, jedoch nicht in zu grosser Anzahl auf denselben Grundbalken treffen müssen, bedarf kaum der Erwähnung, es gilt aber auch hier die bei Gelegenheit der hölzernen Wehre gegebene Regel, die Stösse nicht einzeln, sondern gruppenweise abwechseln zu lassen, damit man nicht gezwungen ist, allen Bohlen eine gleiche Breite zu geben. Die Bohlen werden neben den Stössen mit eisenen, auf den zwischen liegenden Balken aber mit hölzernen Nägeln befestigt. Zuweilen steckt man in jeden hölzernen Nagel und zwar in das untere Ende desselben noch einen hölzernen Keil, der, sobald er den Boden des Bohrlochs berührt, den Nagel spaltet und dessen beide Hälften festklemmt, während er tiefer in den Nagel eindringt. Eine solche künstliche Verbindung, die leicht missglückt und in diesem Falle sogar nachtheilig wirkt, die aber, nachdem sie ausgeführt worden, nicht untersucht werden kann, ist um so bedenklicher, wenn sie sich vielfach wiederholt und daher den gewöhnlichen Zimmerleuten anvertraut werden muss. Vortheilhafter ist es ohne Zweifel, den festen Schluss auf andre Art herbeizuführen, und hierzu bietet sich in der Benutzung des künstlich getrockneten Holzes ein einfaches und sicheres Mittel. Die Nägel werden nämlich aus solchem Holze ausgeschnitten, und bis zur Verwendung in trocknen Räumen aufbewahrt. Ob die Nägel und die Bohrer, womit die Nagellöcher gebohrt werden, die angemessene Stärke haben, ist leicht zu prüfen, der Nagel muss aber, wenn er noch trocken ist, schon so fest schliessen, dass er nur mittelst starker Schläge eingetrieben werden kann. Wenn er alsdann die Feuchtigkeit der Grundes anzieht, und beim Quellen sich ausdehnt, so schliesst er so fest, dass ein späteres Ausziehen desselben nicht besorgt werden kann.

In den Niederlanden bemüht man sich stets die hölzernen Kammerböden möglichst wasserdicht zu machen, zugleich aber auch sie gegen den aufwärts gerichteten Druck des darunter befindlichen Wassers zu sichern.

Das Gewicht der auf demselben Boden ruhenden Kammermauern ist namentlich bei weiten Schleusen für diesen Zweck nicht

und man muss daher, wie auch bei uns geschieht, hierzu die mit benutzen. Diese stellt man deshalb unter dem Boden so nahe an einander, wie die Rostpfähle unter den Mauern. Dieses rechtfertigt sich dadurch, dass mit der Höhe und dem Gewicht der Mauern auch die Breite des Bodens, und zu dem Druck, dem derselbe möglicher Weise ausgesetzt ist, in proportion steigt. Selbst bei den Schleusen im Nordholländischen System, wo die Mauern ungefähr 28 Fuss hoch sind, stehen die Rostpfähle unter diesen eben so weit von einander entfernt, wie die Pfähle unter dem Kammerboden, nämlich in beiden Richtungen von Mitte zu Mitte. Ausserdem sichert man die Pfähle gegen den Kammerboden gegen das Heben häufig noch dadurch, dass man sie, wenn sie aus Randholz bestehen, verkehrt, also mit der Kante nach unten einrammt (Theil I § 37).

Die Pfähle der einzelnen Reihen werden jederzeit durch Querschweller (Kaspen) verbunden, die normal gegen die Achse der Schwellen gerichtet sind und gewöhnlich etwa noch einen Fuss weit über die äussere Fläche der Kammermauern vortreten. Die Pfähle werden in der Mittellinie jeder Schwelle mit möglichst breiten und starken Zapfen versehen, die bis über die Oberfläche der Schwellen reichen. Die Zapfenlöcher erweitern sich keilförmig nach unten und nachdem die Schwellen verlegt sind, werden in jedem Zapfen zwei Keile eingetrieben (Fig. 272). Dieses Verfahren stimmt mit dem bei uns üblichen nahe überein, es rechtfertigt sich in diesem Falle, insofern unter dem wasserdichten Boden die Zapfen nicht vom fliessenden Wasser berührt werden. Die Länge der Balken, die man zu diesen Schwellen benutzt, richtet sich so, so werden die Stösse durch lange sich überdeckende Blätter gebildet, wie gleichfalls Fig. 272 zeigt. Jedes Blatt trifft in der Mitte auf einen Pfahl, dessen Zapfen also die Verbindung beider Blätter darstellt. Ausserdem werden jedoch auch hölzerne Nägel oder auch wohl gehakte (mit Widerhaken versehene) eiserne Bolzen zur vollständigen Verbindung benutzt. In diesem Falle kann, legt man diese Stösse unter die Mauern, so dass sie möglichst abwechseln.

Bei grössern Schleusen und beinahe jedesmal wenn die Kammermauern haben, legt man über die erwähnten Schwellen Grundbalken noch Längschwellen (Sandstraken), die also

die Stelle der Zangen vertreten. Dieselben fehlen unter den Mauern niemals, wenn sie auch bei kleinen Schleusen im Kammerboden nicht vorkommen. In den Ueberkreuzungen sind sie nur wenig eingeschnitten, und ragen daher über den Bohlenbelag, der unmittelbar auf den Querswellen angebracht ist, etwa 4 Zoll vor. Sie verhindern sonach das Durchdringen einzelner Wasseradern durch die Fuge zwischen dem Mauerwerk und dem Rost, wenigstens wird die Bildung solcher Adern durch sie sehr erschwert, weil jede Schwelle die Ader unterbricht. Ausserdem geht man in Holland auch von der Ansicht aus, dass die vortretenden Schwellen eine mögliche Verschiebung der Mauer in Folge des Erddrucks verhüten sollen.

Die Langschwellen müssen, wenn sie unter dem Kammerboden angebracht sind und den Bohlenbelag tragen, ebenso wie die Querswellen in innige Verbindung mit den Pfählen gesetzt werden. Zu diesem Zweck wendet man verschiedene Mittel an. Wenn die Besorgniss des Abhebens nicht besonders gross ist, verbindet man die beiden Schwelllagen nur durch lange und starke eiserne Bolzen, die mit Widerhaken versehen sind, zuweilen begnügt man sich sogar mit hölzernen Nägeln, die jedoch etwas schräge und zwar zwei in jeder Durchkreuzung eingetrieben werden. In Fällen, die mehr Vorsicht erfordern, stellt man die Pfähle in den einzelnen Reihen weiter auseinander und bringt dafür noch Zwischenreihen von Pfählen an. Man streckt alsdann die Schwellen nur über jede zweite Pfahlreihe, und diejenigen Pfähle, welche auf diese Art nicht getroffen werden, dienen zum Befestigen der Langschwellen. Fig. 275 zeigt diese Anordnung.

Bei den Schleusen des Nordholländischen Canals wurden die Quer- und Langschwellen so verlegt, dass jede Durchkreuzung derselben auf einen Pfahl traf. Die Pfähle wurden mit Zapfen von quadratischem Querschnitt und zwar in jeder Seite 3 Zoll breit versehen. Die Länge derselben betrug nahe 2 Fuss, sie reichten daher durch beide Schwelllagen hindurch und wurden, nachdem diese aufgebracht waren, jedesmal durch einen Keil auseinander getrieben, so dass sie die am obern Ende etwas erweiterten Zapfenlöcher der obern Lage vollständig füllten.

Bis zur Höhe derjenigen Schwellen, welche den ersten Bohlenbelag tragen, wird der Raum jedesmal mit einem sorgfältig ange-

stumpfen Thonachlage ausgefüllt. Hierüber nagelt man den ersten Belag aus 3- bis 4-zölligen Bohlen bestehend, und zwar wird derselbe wasserdicht aufgebracht. Zu diesem Zweck werden die gesamten Bohlen vor dem Annageln recht scharf gegen einander gegeben, und damit sie genau schliessen, pflegt man sie an den Seiten etwas zu schmiegen, so dass sie sich nur mit den untern Enden berühren, wie Fig. 273 zeigt. Den dichten Schluss giebt man den Bohlen, indem man vor jeder einzelnen derselben eiserne Klammern in den Schwellen einschlägt und durch vorgetriebene Keile sie scharf gegen die bereits festgenagelte Bohle treibt. Fig. 273 deutet diese Vorkehrung an. Alsdann erfolgt das Nageln und zwar theils mit eisernen und theils mit hölzernen Nägeln.

Die aufwärts etwas $\frac{1}{2}$ Zoll geöffneten Fugen werden in gleicher Weise gedichtet, wie die äussere Bohlenverkleidung der Schiffe. Mit einem breiten stumpfen Eisen treibt man lockere Zöpfe von Werg*) möglichst fest hinein, und zwar so tief, dass die Fugen noch etwa $\frac{1}{2}$ Zoll hoch frei bleiben. Dieser übrigbleibende Raum wird abdann mit heissem Pech ausgegossen, und nach dem Erhärten wird letzterer, soweit er über den Bohlenbelag vorsteht, abgekratzt. Man nennt diese ganze Operation kalfatern. Kommen in einzelnen Planken Windrisse oder andre undichte Stellen vor, so werden diese in derselben Art, wie die Fugen behandelt.

Man begnügt sich indessen nicht damit, die Fugen in dieser Weise zu dichten, vielmehr begegnet man auch noch der Bildung von Wasseradern nach der Längenrichtung der Fugen dadurch, dass man hin und wieder, wie Fig. 273 b zeigt, hölzerne Nägel einstreicht, und zwar geschieht dieses unmittelbar nach dem Aufnageln der Bohlen, also vor dem Kalfatern.

Auf den Bohlenbelag werden in den meisten Fällen noch Streckbalken (Schwalpen) gelegt und zwar jedesmal in der Art, dass sie genau über diejenigen Schwellen treffen, welche den Belag tragen, wie Fig. 267 und 269 zeigen. Auch diese Balkenlage muss mit den Pfählen verbunden werden, damit sie nicht durch den Wasserdruck abgehoben wird. Eine unmittelbare Verbindung mit den Pfählen ist hierbei nicht mehr ausführbar, und die Balken wer-

*) Werg nennt man die lockere Masse, welche man durch das Aufdrehen und Auseinanderziehen alter Taus gewinnt

den daher an die erwähnten nächsten Schwellen, die deshalb genau darunter liegen müssen, verdübelt oder verbolzt. Fig. 274 zeigt diejenigen Verbindungsarten, die am meisten üblich sind, nämlich den gehakt'en Bolzen, den man nur durch den obern Balken in den untern treibt, der keiner Erklärung bedarf. Ferner den schwalbenschwanzförmigen Dübel aus Eichenholz, das Schlüsselstück genannt. Dasselbe würde nicht einzusetzen sein, wenn man es nicht der Breite nach zerschnitten hätte. Die beiden Theile werden einer nach dem andern eingeschoben, und hierauf durch einen wenig zugeschärften genau passenden Keil auseinander getrieben, wodurch sie eine sichere Verbindung darstellen sollen. Endlich eiserne Schraubenbolzen. Bei den Schleusen am Nordholländischen Canal hatte man letztere gewählt. Sie wurden vor dem Verlegen der Langschwellen in dieselben schon eingeschoben, und der vier-eckige Kopf war in die untere Fläche des Holzes versenkt, um das Drehn des Bolzens beim spätern Anziehn der Schraubenmutter zu verhindern.

Die Felder zwischen den obern Balken werden demnächst sorgfältig mit Klinkern in Trassmörtel ausgemauert. Die Kammermauern setzen sich unmittelbar darüber fort, der Kammerboden erhält aber noch einen zweiten Bohlenbelag, der gleichfalls kalfatert und auf dieselbe Art auch in den äussern Fugen, die sich neben den Mauern bilden, gedichtet wird. Manche ältere Schleusen in Holland, deren Lage für besonders gefährlich erachtet wurde, sind über dem beschriebnen doppelten Boden nochmals mit einer ausgemauerten Balkenlage und einem dritten gedichteten Bohlenboden versehen.

Schliesslich wäre noch in Betreff der Schleusenkammern zu bemerken, dass dieselben in manchen Fällen gar nicht ausgebaut, vielmehr nur, wie der Canal selbst, durch Erdböschungen eingeschlossen sind und die gewöhnliche Canalsohle zum Boden haben. Die Schleuse besteht alsdann nur aus den beiden Häuptern. Dass eine solche Anordnung in Betreff der grössern Wasserconsumtion und wegen des grössern Zeitaufwandes beim Füllen und Entleeren der Kammern nachtheilig ist, bedarf kaum der Erwähnung, auch ist das Abstürzen der Dossirungen, veranlasst durch den häufigen Wechsel des Wasserstandes, dabei nicht zu vermeiden.

§. 65.

Die Schleusenhäupter.

Schleusenhäupter, worin die beweglichen Stauvorrichtungen, die Thore sich befinden, müssen nicht nur hinreichende Festigkeit haben, um dem Druck des Oberwassers sicher zu widerstehen, sondern sind auch möglichst wasserdicht auszuführen, damit kein Wasser zur Seite, oder unter ihnen Quellen sich hindurchziehen, wodurch von dem Wasserverlust, den ganzen Bau gefährden würde.

Diese Vorsicht ist eben sowohl beim Unterhaupt, wie beim Oberhaupt nothwendig, weil beide beim Durchgang der Schiffe das Oberwasser begrenzen. Wenn die Schifffahrt nur bei den höchsten Anschwellungen unterbrochen ist, so werden, wie erwähnt, nur die Oberhäupter so hoch herauf geführt, dass die Durchströmung der Schleuse und des Schleusen-Canals verhindert wird, während die Unterhäupter nur dem Stande des höchsten Oberwassers entsprechen. Bei hohen Anschwellungen kann der Wasserdruck möglichst gleichmässig auf beide Hauptertheilen, um keines der beiden Thorpaare zu sehr zu belasten.

Da indessen das Unterwasser gewöhnlich höher anschwillt, als das Oberwasser, so vermindert sich häufig bei steigendem Wasserdruck gegen die Thore.

Die Häupter haben eben sowohl, wie die Schleusen-Kammern, massive und theils hölzerne Böden und Wände. Es geschieht häufig, dass man ihren Boden aus Holz construirt und massive darauf stellt, wogegen der massive Boden nicht selten auf Pfahlrost ruht, dessen Anordnung der Einrichtung des hölzernen Bodens entspricht. Hiernach scheint es am angemessensten, bei der Beschreibung der Holz-Construction den Anfang zu

von der sehr einfachen und leichten Anordnung der Amerikanischen Schleusen ist bereits die Rede gewesen. Der einzige Unterschied der Böden in den Häuptern gegen den Kammerboden ist bei den Schleusen im Kanawha-Canal und am James-River, Fig. 265 Taf. XXXVII zeigt, darin, dass unter den Schlag-

schwollen oder den DrempeIn die Rostschwellen unmittelbar neben einander liegen und sich gegen eine Spundwand lehnen. Die beiden Schlagschwellen, so wie der Binder in denselben sind nur durch starke eiserne Bolzen auf die Rostschwellen genagelt. Die für diesen Bau gestellten Contracts-Bedingungen verlangen keine weitere Vorsicht bei Aufbringung der Schlagschwellen, als sorgfältige Bearbeitung und scharfen Schluss gegen die Mauern.

Bei den Englischen Schleusen werden die hölzernen DrempeIn, wo solche vorkommen, gleichfalls nur mit starken Bolzen befestigt. Als Beispiel dieser Anordnung mag wieder die Schleuse im neuen Hafen zu Kingston-upon-Hull dienen *), von der bereits die Rede war. Diese Schleuse dient zur Verbindung des Junction-Dock mit dem Humber-Dock und ist so angeordnet, dass die Schiffe hindurchgehen können, wenn der Wasserstand im ersten Dock niedriger, als im zweiten ist.

Die hier gewählte Construction der Thorkammerböden mit Einschluss der DrempeIn verdient besondere Erwähnung. Die Pfahlreihen sind in gleicher Art, wie in der Schleusenkammer angeordnet, sie erstrecken sich nach der Länge der Schleuse, und sind 5 Fuss von Mitte zu Mitte von einander entfernt. Die einzelnen Pfähle stehn sich in diesen Reihen aber viel näher, indem ihr Abstand von Mitte zu Mitte nur 2 Fuss beträgt. Vor und hinter jeder Thorkammer befindet sich eine Spundwand, ausserdem ist eine solche auch noch in der Mitte jeder Kammer angebracht. Diese Querspundwände jedes Hauptes reichen über die Holme oder Rostschwellen herauf bis zur Oberfläche der darauf liegenden Querbalken. Letztere liegen dicht geschlossen neben einander, und lehnen sich an die Spundwände. Der ganze Rost besteht aus Kiefernholz, welches aus Memel bezogen war. Man hatte beabsichtigt, Balken aus Ellernholz dazu zu verwenden, weil dieses beim Eintreiben der Bolzen weniger spaltet, auch letztere fester darin haften, man konnte jedoch das Ellernholz nicht in den erforderlichen Dimensionen erhalten, und musste sich daher zur Benutzung des Kiefernholzes entschliessen. Diese Balken hielten, nachdem sie sorgfältig bearbeitet waren, 12 Zoll Englisches Mass im Gevierten, und waren 56 Fuss lang, indem sie unter die beiderseitigen Mauern und sogar noch

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. I. pag. 35.*

hinansreichen. Man verlegte sie, nachdem der Grund so tief zwischen den Pfählen und Rostschwellen ausgegraben war, so, dass zuletzt in der Mitte zwischen je zwei Spundwänden der Raum für einen Balken frei blieb. Diesen verjüngte man nach unten, so dass er im Querschnitt eine keiltförmige Gestalt erhielt, und trieb ihn mit der Ramme ein, um die ganze Masse scharf zusammenzudrängen und wasserdicht zu machen. Die Balken wurden einzeln mit eisernen Bolzen, die mit Ketten versehen waren, gegen die Rostschwellen genagelt. Es wird noch erwähnt, dass letztere vorher mit besondrer Vorsicht den Pfählen verbunden waren. Nachdem nunmehr die Schleuse vollständig geebnet und namentlich die Spundwände der Höhe abgeschnitten waren, überdeckte man die ganze Fläche mit getheertem Filz und brachte darüber einen Belag von sorgfältig gefügten und scharf zusammengetriebenen 6-zölligen Bohlen auf.

Die Schlagschwellen dieser Schleuse, welche Fig 309 c XLIV in der Ansicht von oben zeigt, sind, wie in England, gekrümmt, indem die Thore cylindrische Flächen bilden. Die Schwellen bestehen aus Amerikanischem Eichenholz von 12 Zoll im Vierten. Der Mittelbalken, der quer durch die Schleuse von einer Wendenische, bis zu der gegenüberstehenden Thore, aber nur 12 Zoll hoch und breit, und die sieben Binder der hintern Seite niedriger gehalten, damit sie sich sowohl an die Schlagschwellen, als an den Mittelbalken anschliessen. Die Verbindungstücke sind ausser der Verzäpfung auch in der Mitte in der untern Fläche durch eingelassene eiserne Bänder miteinander verbunden, und sind $1\frac{1}{2}$ Zoll tief in den Bohlenbelag eingelassen, um einen wasserdichten Schluss mit demselben darzustellen.

Mit langen gehakten Bolzen werden sie nicht nur mit den Thoren, sondern auch mit den Rostschwellen verbunden. Ausser diesen dienen zu ihrer Verbindung mit diesen noch gewisse Dübel aus Eichenholz. Die Felder zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken sind ausgemauert, und mit Bohlen überdeckt.

Eine besondere Vorsicht musste noch zur Schonung der Schlagschwellen angewandt werden, damit dieselben beim Durchgehn der Schiffe nicht beschädigt würden. Diese Gefahr ist in den Dockschleusen sehr bedeutend, indem theils die meisten Schiffe mit

Kupfer bekleidet sind, theils aber auch der Wasserstand während des Durchganges eines Schiffes sich leicht senkt, das Schiff aber, wenn es auch schon die Schwellen berührt, doch hindurch gewandert werden muss, indem die Schleuse nicht geöffnet bleiben darf. Aus diesem Grunde sind zur Sicherung der Schwellen 12 Fuss lange und 5 Zoll starke gusseiserne Platten in der Mitte aufgenagelt, und ausserdem liegt in jedem Eingange der Schleuse ein 18 Zoll hoher eichener Balken, dessen Höhe also mit der der Schwellen übereinstimmt, und der das Einlaufen von Schiffen, die zu tief gehn, verhindert.

Bei den Schleusen auf den Englischen Canälen ist der Boden und selbst der Drempel überaus einfach angeordnet. In vielen Fällen sind beide massiv, von diesen ist hier nicht die Rede. Wenn aber der Holzbau gewählt wird, so pflegt unter dem Mittelbalken eine Spundwand zu stehn, während häufig die Grundbalken nicht auf Pfählen ruhn, also nur Schwellen eines liegenden Rostes sind. Der Bohlenbelag schliesst sich von beiden Seiten an die obere Fläche des Mittelbalkens an, indem er in Falze eingreift, und die Schwellen, welche den Anschlag der Thore bilden, sind mit Bolzen darauf genagelt.

Ist die Schleuse nur etwa 10 Fuss weit, oder noch enger, so genügt ein einzelnes Thor, und der Mittelbalken ist alsdann zugleich Schlagschwelle. Bei etwas weitem Schleusen werden zwar Stemmtore angewandt, deren Schlagschwellen aber nur, wie Fig. 292 auf Taf. XLI zeigt, auf den Fachbaum über der Spundwand, oder auf einen andern Querbalken aufgenagelt werden.

In den Niederlanden, wo hölzerne Schleusenböden fast ausschliesslich vorkommen, ist man überaus sorgsam, dieselben in den Häuptern recht fest zu verbinden, und zugleich so wasserdicht als möglich zu machen. Die Schlagschwellen liegen auch hier gemeinhin nur auf dem Boden auf, ohne in unmittelbarer Verbindung mit den Spundwänden zu stehn.

Die Anzahl der Spundwände beschränkt sich dabei gewöhnlich auf vier, und zwar sind sie sämmtlich nach der Quere gerichtet. An jedem Ende der Schleuse befindet sich eine, und eine unter jedem Drempel, d. h. unter dem Mittelbalken, der die Schlagschwellen unterstützt. Unter den Schlagschwellen selbst, sowie unter den

schon, dem Abfallboden u. s. w. kommen keine Spundwände vor.

In grossen Schleusen, die namentlich die hohen Fluthen der halten, bringt man ausserdem auch unter den äussern Dammwänden an den Stellen, wo bei Reparaturen die Dammbalken abgetrennt werden, noch Spundwände an. Gewöhnlich wird aber durch Quellen des Wassers unter dem Rost, noch durch zwei Mauerwerke verhindert, die etwa 5 Fuss tiefer gegründet, und auf beiden Seiten durch leichte Spundwände eingeschlossen sind, liegen unter beiden Eingängen der Schleusen. Fig. 277 b auf XXXIX zeigt eine solche, die auf dem Bohlenbelage eines be-

Die Spundwände sind selten über 6 Zoll stark, und werden zwischen festen Zwingen eingerammt, indem die unmittelbar anliegenden Grundbalken schon vorher aufgebracht, und so sind, dass sie zwischen sich einen Raum frei lassen, der der Stärke der Spundwand übereinstimmt. Die Spundwände reichen sich über die Breite der Schleuse hinaus und treten auf der Seite noch 5 bis 10 Fuss weiter vor, um auch hier die Bildung von Wasserrädern zu verhindern, jenseits der Mauern sind sie nicht mit Pachtbäumen versehen, erheben sich jedoch nahe bis Terrain-Höhe. Die Spundpfähle sind hier durch Zangen verbunden, die nicht weit vom obern Ende zu beiden Seiten aufgeboltzt, auch nur von einer Seite aufgenagelt sind.

Im dem Schleusenhaupte selbst schneidet man die Spundwand hinten so hoch ab, dass sie etwa 1 Zoll über den untern Bohlenboden vorragt. In diesem Fall unterbricht sie den letztern, dadurch laufen die Langschwellen, deren schon bei Beschreibung Kammerbodens erwähnt ist, gewöhnlich über den Spundwänden, auch unter den Drempeln ohne Unterbrechung fort. Sie sind an beiden Seiten eingeschnitten, so dass ihre Breite beim Kreuzen der Spundwände sich um einige Zolle vermindert, auch sind sie unten mit Falzen versehen, in welchen die Spundwand eingreift. Der Mittelpunkt ist auf sie aufgekämmt. Fig. 276 a und d zeigt diese Anordnung, und man ersieht daraus, dass keine Wasserräder sich zur der Langschwelle ohne Unterbrechung hinziehen kann. Nach der Bohlenboden aufgebracht und auch gegen die Spundwand abgedichtet ist, wird der vortretende Theil der Spundwand

getheert, mit Moos überdeckt und in einen Falz auf der untern Seite des Mittelbalkens eingelassen.

Diese Constructionsart ist die gewöhnlichste, man weicht jedoch zuweilen davon ab, indem man entweder den Mittelbalken vollständig als Fachbaum behandelt, und die Spundwand in ihn eingreifen lässt, oder indem man andererseits eine solche Verbindung ganz umgeht, und der untre Bohlenbelag im Zusammenhange über die Spundwand fortgeführt wird. Im ersten Falle werden auch die Langschwellen durchschnitten, und indem sie von beiden Seiten stumpf gegen die Spundwand stossen, wird der Längenverband des Bodens unterbrochen. Die Langschwellen werden alsdann auch unter dem Mittelbalken ausgeschnitten, so dass sie in der Flucht des Bohlenbodens liegen.

Die bei grossen Schleusen übliche Anordnung zeigt Fig. 277 *a* und *b*. Die Spundwand wird nämlich etwa 1 Zoll hoch über der Flucht der Grundbalken abgeschnitten, getheert und nachdem sie mit Moos überdeckt ist, in den genau passenden Falz des Bohlenbodens eingelassen. Um diesen Bohlenboden mit dem Mittelbalken in wasserdichte Verbindung zu setzen, schneidet man in den erstern auch auf der obern Seite einen Falz ein, und dasselbe geschieht auf der untern Seite des Mittelbalkens. In diese beiden Falze verlegt man alsdann eine sorgfältig bearbeitete, getheerte und durch Moos oder Löschpapier überdeckte hölzerne Feder.

Im Allgemeinen ist noch zu bemerken, dass der Mittelbalken jedesmal aus einem sehr starken Holz bestehn muss, indem er über dem Oberboden noch bis zur Höhe der Schlagschwellen heraufreicht. Er ist so lang, dass er 2 bis 3 Fuss von jeder Seite in die Schleusenmauern eingreift, an den Enden ist er ausgefalzt (Fig. 276 *b* und 277 *a*) und umfasst hier entweder einen etwas höheren Spundpfahl, oder wenn die Spundwand nicht über den untern Boden vortritt, so ist der Einschnitt am Ende des Mittelbalkens sorgfältig und in gehörigem Verbande ausgemauert. Ausserdem pflegt man, um das Durchdringen des Wassers neben dem Mittelbalken möglichst zu verhindern, denselben noch einen halben Zoll tief in den Bohlenboden einzulassen, und getheertes Papier dazwischen zu legen. Nur in dem Fall, wenn der Bohlenboden auf der untern Seite schon zur Aufnahme der Spundwand mit einem Falz versehen ist, muss der Mittelbalken stumpf aufgelegt werden,

Bohlen sonst zu sehr geschwächt würden. Dafs übrigens bei Gelegenheit des Kammerbodens beschriebnen Vorregeln hier vollständig wieder in Anwendung kommen, möglichste Wasserdichtigkeit darzustellen, und namentlich Bildung von Wasseradern in den Fugen der Bohlen zu vermeiden kaum erwähnt werden.

Mittelbalken wird durch scharf eingetriebne Bolzen und Stürke, die mit Widerhaken versehen sind, gegen die Seiten genagelt, und um diese Befestigung noch mehr zu erhöhen, wählt man nicht Kiefern-, sondern Eichenholz zu denjenigen Balken, welche unter dem Mittelbalken oder unter den Seitenbalken liegen.

Was die Schlagschwellen betrifft, so sind dieselben entweder so hoch, wie der Mittelbalken und ruhn alsdann gleich auf dem untern Bohlenboden, oder sie haben eine geringere Höhe und liegen auf dem obern Boden. Beide Schlagschwellen werden jedesmal mit der vordern Kante des Mittelbalkens ein gleiches Dreieck, dessen Höhe meist dem sechsten Theil der Länge gleich ist. Die Thore schlagen gegen die äufsern Flächen der Schlagschwellen, und man verlängert diese, wie Fig. 278 zeigt, so, dafs die aus der Drehungsachse des Thors gezogene Normale das Ende der Schlagschwelle trifft. Die Schwellen sind durch Zapfen und durch zwei Zapfen mit dem Mittelbalken verbunden. Die Zapfen sind aber doppelt, oder es liegen jedesmal zwei übereinander, wenn die Schlagschwellen eben so hoch, wie der Mittelbalken sind.

An der Spitze des erwähnten Dreiecks sind die Schwellen durch einen Nagel (Fig. 279), so dafs der Stofs weder in der obern, noch in der untern Ansicht in die Mittellinie fällt. Der Zweck dieser Anordnung ist, das Absplittern zu vermeiden, welches leicht eintreten würde, wenn man die Stofsuge in die Kante auslaufen liesse, so, als wenn das Holz unter einem spitzen Winkel abgeschnitten würde.

Die Unterstüttzung der Schlagschwellen gegen den Druck der Thore, der in der Mittellinie der Schleuse liegt, wird nach Mafsgeb seiner Höhe mit einfachen oder doppelten Zapfen mit dem Mittelbalken und den Schlagschwellen verbunden. Wenn die Thore sehr lang sind, und sonach ein Einbiegen der Schwellen besorgt werden könnte, wird jede derselben noch

durch einen, auch wohl durch zwei Binder in gleicher Weise den Mittelbalken gestützt.

Es ergibt sich aus der beschriebenen Anordnung, daß auf den Schlagschwellen, noch auf dem Mittelbalken der gleiche Raum zur Befestigung der Pfannen für die Achsen vorhanden ist. Zu diesem Zweck wird daher bei den Nischen Schleusen jedesmal noch ein besonderes Verbindungs-Komplatte oder der Pfannenträger genannt, angebracht, sich entweder in der Längsrichtung der Schleuse, oder wenig davon abweichend bis zum zweiten Grundbalken. Die Figuren 276. *b* und 277. *a* zeigen dieselben, und sind jedesmal durch einen weit eingreifenden schwalbenschwanzförmigen Zapfen mit dem Mittelbalken verbunden. Dieser Zapfen ist so tief, daß er von unten in den Mittelbalken eingesetzt werden muß, bevor dieser aufgebracht wird, und hierdurch wird wirklich, die Verzapfung der Schlagschwellen gegen den Grundbalken, die jedesmal an derselben Stelle dargestellt werden muß, nicht wesentlich zu schwächen.

Die Zusammensetzung des Drempels, wenn auch derselbe auf dem untern Bohlenboden aufliegen, ergibt Fig. 276. Zur gehörigen Befestigung der Schlagschwelle zur Dichtung des Bodens, sind, wie zuweilen geschieht, diejenigen Pfahlreihen, welche die eigentlichen Grundschwelle bilden, noch andre Pfähle gerammt, auf welchen zwei Zwischenträger liegen. In dieser Weise bildet sich unter den Schlagschwellen noch ein Balkenboden, der durch Kalfatern vollständig dicht wird. Die Langschwellen sind bis zum äußern Rande der Schlagschwellen so weit abgeschnitten, daß sie mit dem Bohlenboden eine ebene Oberfläche bilden, und nachdem diese gedichtet ist, werden die Schlagschwellen nebst dem Binder auf einer mehrfachen Lage von getheertem Löschpapier verlegt, und eben so wie der Mittelbalken mit eisernen gehakten Bolzen gegen die eichenen Grundbalken befestigt. Die beiden Dreiecke zwischen den Schlagschwellen, dem Binder und dem Mittelbalken sind ringsum zu versehen, um einen Bohlenboden in der Höhe der Schlagschwellen darauf anbringen zu können, nachdem sie bis zu diesen Pfählen gemauert sind. Auch dieser Boden wird durch Kalfatern dicht. Die beiden Pfannenträger müssen schon vor dem

den mit demselben verzapft sein. Ihre Befestigung gegen die Balken geschieht in gleicher Weise, und man sorgt dabei nicht etwa unter oder neben denselben Wasseradern sich zu bilden.

Der Thorkammerboden hat die obere Balkenlage nur eine Höhe, damit der gehörige Anschlag sich gegen die Schlagbalken bilden kann. Darüber sind wieder die Langschwellen zu legen, die stumpf gegen die Schlagschwellen stoßen, und die Bohlenboden in einer Flucht liegen. Die Felder unter den Thoren sind ausgemauert, und die Fugen sowohl zwischen den Bohlen und Langschwellen, als auch gegen die Schlagschwellen sorgfältig gedichtet.

Ungleiches ist auch der Hinterboden behandelt. Da derselbe jedoch in der Höhe der Schlagschwellen liegt, so sind die Balken hochkantig verlegt und greifen mit Zapfen in den Unterboden, mit welchem sie durch Nägel verbunden werden. Die Langschwellen fehlen hier.

Das Beispiel der zweiten Constructionsart, wonach die Schlagschwellen auf den Oberboden gelegt werden, mag die Schleuse des Canal zwischen Herzogenbusch und Maastricht dienen, die in Fig. 10 a und b zeigt. Ueber die Grundbalken sind acht Langschwellen gestreckt, von denen jedoch nur vier zwischen den Mauern liegen.

Sie dienen zur Verankerung des Hinterbodens, und setzen denselben bis zum Mittelbalken und den Schlagschwellen bis in den Thorkammerboden fort. Der Unterboden ist in gleicher Art, wie oben beschrieben, angeordnet. Die zweite Balkenlage über den Grundbalken der Thorkammer ist vollständig vorhanden. Zwischen den Grundbalken, der dem Mittelbalken zunächst liegt, und dem Unterboden sind mit Veranzug und Verzapfung zwei Streben eingelegt, die zur Verstärkung der darüber liegenden Schlagschwellen dienen.

Der Binder hat die volle Höhe des Mittelbalkens, auch die Pfannenträger greifen über den nächsten Balken, sind aber mit dem Unterboden zur Befestigung des Oberbodens versehen. Die erwähnten Streben, so wie die Pfannenträger sind wieder mittelst gehauener Zapfen an die Grundbalken befestigt, und nachdem alle Felder ausgemauert waren, ist der Oberboden über die Balken und Streben zu legen. Derselbe greift aber nicht in die Dreiecke zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken ein, woselbst vielmehr das

Mauerwerk ohne Unterbrechung bis zum Bohlenbelag dazwischen fortgesetzt ist. Auf jenen Oberboden sind endlich endlich niedrigen Schlagschwellen verlegt, und mittelst starker die durch die Grundbalken reichen, daran befestigt. Die Zeichnung des Mittelbalkens Fig. 280. *a*, *b* und *c* in der obigen Seitenansicht und in drei Querschnitten, stellt diese Verbindung und dieselbe ist in den Querschnitten noch durch die Art des Bohlenbelags und der anstossenden Verbandstücke verdeutlicht. Im Uebrigen stimmt die Construction mit der bereits beschriebenen überein, und es wäre nur noch auf die Heerdmauer am unteren Ende der Schleuse aufmerksam zu machen, die vor der Schleuse durch eine hölzerne Schwelle geschützt ist, und auf einem Pfahlrost ruht. Letzterer ist am äussern Rande nicht nur durch eine Spundwand gesichert, sondern lehnt sich auch an eine schräge eingerammter Pfähle, mit denen seine Schwelle verbunden ist.

Endlich ist noch die in Preussen früher allgemein gebräuchliche Constructionart der hölzernen Böden unter den Schleusen zu erwähnen. Sie unterscheidet sich von den beschriebenen durch manche Eigenthümlichkeiten, theils aber und vorzüglich durch die grosse Anzahl von Quer- und Längenspundwänden überhaupt durch eine möglichst weit getriebene Vorsicht zur Sicherstellung des Baues.

Diese Vorsicht begründet sich indessen keineswegs in der natürlichen Beschaffenheit des Bodens, der im Allgemeinen ungünstiger, als bei vielen Canälen in Frankreich ist, und am meisten dem Baugrunde in den Niederlanden nachsteht. Auch die Dimensionen unserer Schleusen, die meist nur von Flussschiffen zu passieren werden, sind so mässig, dass sie die Besorgniss einer grossen Gefahr keineswegs begründen. Die von Eytelwein angegebenen ohne Zweifel sehr soliden Constructionen werden auch heut zu Tage von vielen Baumeistern noch als Normen angesehen. In neuerer Zeit hat die Bettung auf Béton mehrfach Anwendung gefunden. Dabei mag erwähnt werden, dass schon im Anfang des Jahrhunderts der Wasserbau-Director F. Schulz darauf

*) Practische Anweisung zur Wasserbaukunst. Heft IV.

man machte, daß unsre Schleusen viel kostbarer wären, als die französischen und selbst die Niederländischen. *)

Fig. 281. *a* und *b* auf Taf. XL. zeigt den Grundriß und den Längendurchschnitt eines Unterhauptes nach der bei uns üblichen Anordnung. Man bemerkt darin fünf Querspundwände und zwei Längenspundwände, zuweilen werden sogar vier der letztern angenommen, so daß jede Mauer auf beiden Seiten von Spundwänden eingeschlossen ist. Man beabsichtigt durch die große Vervielfältigung derselben nicht nur die Bildung der Quellen zu verhindern, die von der einen oder der andern Seite in die Schleuse treten, oder aus derselben hervordringen könnten, und Wasserverlust oder auch wohl Unterspülung besorgen ließen, sondern außerdem sollen diese Spundwände auch während des Baues den Wasserzudrang mäßigen und bei besonders quelligem Boden zur Trennung der Baugrube in mehrere Theile dienen, die einzeln trocken gelegt und besonders fundirt werden können.

Die Querspundwände im Oberhaupt sind folgende:

- 1) am obern Eingange in die Schleuse, also vor dem Vorboden des Oberhauptes. Dieselbe soll 6 Zoll stark sein.
- 2) Zwischen dem Vorboden und dem Thorkammerboden des Oberhauptes. Diese wird als entbehrlich bezeichnet, wenn die Beschaffenheit des Grundes nicht bedenklich ist. Die Stärke von 4 Zoll sei genügend. Ich bemerke indessen, daß vor beiden Thorkammerböden in unsern ältern Schleusen die Spundwände nicht leicht fehlen.
- 3) Unter den beiden Schlagschwellen, in der Stärke von 6 Zoll.
- 4) Unter dem Mittelbalken liegt die Hauptspundwand von 8 Zoll Stärke.
- 5) Unter dem Abfallboden, und zwar am Fuß desselben, befindet sich eine schwache Spundwand von 4 Zoll Stärke, deren Anbringung noch aus dem besondern Grunde empfohlen wird, um den Streben, welche den Oberboden stützen (Figur 258. auf Taf. XXXIV.) ein festes Widerlager zu geben.

*) Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architectur. Königsberg 1808. Seite 132.

In ähnlicher Weise und größtentheils in gleichen Dimensionen wiederholen sich die Spundwände im Unterhaupt, nämlich:

- 6) vor dem Thorkammerboden. Dieselbe wird wieder als mindestens wichtig bezeichnet, pflegt aber doch nur selten zu fehlen.
- 7) Unter den Schlagschwellen.
- 8) Unter dem Mittelbalken.
- 9) Eine Spundwand im Hinterboden soll vorzugsweise dazu dienen, den Unterdrempel bis zu größerer Tiefe untermauern zu können. Ihre Stärke wird zu 4 Zoll angegeben, und eben so stark soll auch endlich
- 10) die Spundwand am untern Ende oder hinter dem Hinterboden des Unterhauptes sein.

Diese sämtlichen Querspundwände werden mit Fachbäumen versehen, die man nicht mit Bohlen überdeckt, die vielmehr Falz und oft sogar doppelte Falze haben, in welche der einfache oder doppelte Bohlenbelag des Schleusenbodens eingreift und mit eisernen Nägeln befestigt ist. Außerdem liegen die sämtlichen Fachbäume, und sonach auch diejenigen, welche die Längenspundwände überdecken, nicht allein auf den Spundwänden, sondern jedesmal zugleich auf daneben eingerammten Pfählen, von denen sie mit starken Blattzapfen umfaßt werden. Lange Nägel mit Widerhaken versehen sind horizontal durch letztere in die Fachbäume getrieben und stellen die feste Verbindung dar, welche durch das Gewicht der Mauern noch mehr gesichert wird.

Wo zwei Spundwände zusammentreffen, oder sich kreuzen, befindet sich jedesmal ein stärkerer, mit Nuthen versehener Bundpfahl (Theil I. § 39), der Nuthpfahl genannt. Unter den Wendischen stehn sogar zwei solche unmittelbar neben einander, wo hier fünf Spundwände zusammenstoßen, die man nicht füglich an einen einzelnen Pfahl anschließen kann, wie Fig. 283 zeigt. Mit dem Einrammen der Nuthpfähle pflegt man die Fundirungsarbeit zu beginnen.

Die Grundbalken unter den Häuptern sind, eben so wie unter der Kammer, zugleich Zangen des Rostes, und werden nicht nur auf die Rostschwellen, die sie treffen, sondern auch auf die Fachbäume der Längen-Spundwände aufgekämmt. Die äußeren Längen-Spundwände erhalten zuweilen keine Fachbäume, erheben sich aber einige Fuß hoch über den Rost, und werden oben durch

zuletzt Zangen zusammengehalten (Figur 268. auf Tafel 10). In diesem Fall stehen sie unmittelbar neben den Schlagschwellen, und die Grundbalken, eben so wie die Querbalken, dürfen nicht darüber hinaus verlängert werden.

Die Dreiecke zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken finden sich keine Grundbalken, vielmehr werden die Grundbalken nur auf die Falze der Schlagschwellen, des Mittelbalkens und der Binder genagelt. Die daselbst befindlichen Pfähle dienen zur Unterstützung der benannten Verbandstücke. Noch zu bemerken, daß die Grundbalken unter den Häuptern gemeinlich näher liegen, als in der Kammer, und daß diejenigen Grundbalken, welche die Quersachbäume berühren, nicht in gewöhnlicher Weise auf die Pfähle aufgezapft, sondern, wie die Fachbäume, aufgezapft gehalten und mit starken eisernen Nägeln daran befestigt werden. Es ist aber noch nöthig, in diesem Fall, und nachdem der Bohlenbelag nicht an die Fachbäume genagelt ist, den dem Vorboden und dem Thorkammerboden des Unterbogens den Fachbaum mit dem nebenliegenden Grundbalken durch Schraubenbolzen zu verbinden.

Wichtiger sind die Schlagschwellen in ihrer Verbindung mit dem Mittelbalken. Der Anschlag, wogegen die Thore sich lehnen, wird nicht allein durch die Schlagschwellen, sondern, wie Fig. 284. zeigt, zum Theil auch durch den Mittelbalken gebildet. Beide bestehen aus so hochkantigen Balken, daß nicht nur der Bohlenbelag des Thorkammerbodens in die Vertiefungen der Grundbalken in sie eingefalzt wird, sondern sie aus der ganzen Höhe des Anschlags darstellen. Letztere beträgt 21 Zoll, und die Höhe dieser Verbandstücke muß daher 21 Zoll messen, nachdem sie scharfkantig beschlagen sind. Gewöhnlich wählt man Eichenholz dazu. Da man dieses Holz dieser Stärke nicht leicht in der ganzen Länge des Mittelbalkens findet, so bemüht man sich wenigstens die Stöße unter einander zu bringen. Die Verbindung in den Stößen ist Figur 285. dargestellt.

Der Mittelbalken, als die Schlagschwellen ruhn auf dem Vorboden und werden außerdem von den dazwischen eingesetzten Pfählen unterstützt, wie Fig. 283 durch die Blatt-Pfähle angedeutet. Durch diese unmittelbare Verbindung

der Schlagschwellen mit den Spundwänden wird ohne Zuhilfenahme der Bildung von Wasseradern wesentlich erschwert.

Der Mittelbalken sowohl, als auch die Schlagschwelle sind mit den Spundwänden durch Zapfen verbunden. Diese Zapfen theils in der Höhe von 2 Zoll in der ganzen Länge der Spundwände sorgfältig angeschnitten, und greifen in entsprechend der benannten Verbandstücke ein, theils aber treten in Abständen von etwa 4 Fuß einzelne Zapfen bis zu der oberen Fläche der Fachbäume vor. Zur Darstellung einer möglichst innigen Verbindung werden diese Zapfen jedesmal gespalten und durch zwei Hölzer einander getrieben. Man läßt sie indessen nicht bis zu der Oberfläche des Bodens vortreten. Wenn sie daher nicht durch einen Bohlenbelag überdeckt werden, so erhalten sie nicht die gleiche Befestigung der Fachbäume. Auch die Zapfenlöcher in den letztern werden alsdann nur in entsprechender Tiefe ausgeschnitten, und beim Aufbringen der Fachbäume und des Mittelbalkens versieht man die Zapfen mit zwei feinen Sägeschnitten, und setzt die Spalten mit zweier Keile aus hartem Holz von angemessener Länge wie Fig. 288. zeigt. Beim Auftreiben des Fachbaums stoßen dann die Holzkeile an den Boden des Zapfenlochs, werden herabgedrückt, und dringen in die Sägeschnitte ein. Wenn das Verfahren vollständig glückt, so erhält der Fachbaum eine sichere Befestigung, doch bleibt es immer zweifelhaft, ob alle Keile regelmäfsig eindringen, und nicht vielleicht einige von ihnen sich umlegen, wodurch die Verbindung mehr gestört wird. An die Fachbäume der Drempel schliesst man sowohl in der Thorkammer als am Hinterboden jedesmal einen Bohlenbelag an, und deshalb sind die Schlagschwellen und der Mittelbalken mit doppelten Falzen versehen. Hierdurch wird die Gelegenheit geboten, die Zapfen der Spundpfähle bis zu den oberen Falzen vortreten zu lassen, woselbst sie sicher vor dem später durch den oberen Bohlenbelag überdeckt werden können. In Fig. 283 und 284 sind diese Zapfen durch die stärkere Linie bezeichnet.

Fig. 284. stellt die Verbindung des Drempels in der Frontansicht dar. Die Thore lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, mit dem untern Rande nicht allein gegen die Schlagschwelle, sondern es setzt sich der Anschlag bis tief in den Mittelbalken

die Pfanne, worin der untere Thorzapfen steht, in den Mittelbalken selbst eingelassen werden kann, und die in den Niederlanden solchen Pfannenträger entbehrlich werden. Die Hauptverbände, nämlich der Mittelbalken, eine Schlagschwelle und der Binder sind in den Figuren 285, 286 und 287 besonders dargestellt, und zwar sowohl in der Ansicht von oben *a*, als auch von der Seite *b*. Im Allgemeinen geschieht die Verbindung durch doppelte Nieten und Versatzung. Der Binder, der gleichfalls in dieser Weise mit den Schlagschwellen verbunden ist, setzt sich in der Höhe des Thorenbelags der Thorkammer durch die ganze Länge derselben und ruht theils auf den Grundbalken, theils auch auf mehreren Pfählen, die ihn mit Blattzapfen umfassen. Gegen letztere ist der Binder mit starken Bolzen verbunden, wodurch er verhindert wird, sich zu heben, falls die Thore heftig gegen die Schlagschwellen schlagen sollten. Es ist zweifelhaft, ob ein solches Umkanten des Drempels überhaupt zu besorgen ist. In den Niederlanden wird dieses nicht angenommen, daher auch die Fortsetzung des Binders über die Schlagschwellen hinaus für entbehrlich gehalten. Die Schlagschwellen werden bei uns in ihren obern Flächen mit starken Blätterverschnen, die über dem Binder sich berühren und sich gegeneinander stemmen.

Es bedarf kaum der Erwähnung, daß die Verbindung des Drempels möglichst fest sein muß, und dieses kann nur durch sorgfältige Bearbeitung aller Theile und scharfes Eintreiben derselben ineinander erreicht werden. Man setzt zunächst die Zapfen der Schlagschwellen in den Binder, und treibt aladann diese drei Zapfen in den Mittelbalken. Um aber alle Stöße vollständig zu vermeiden, sind die Zapfen so stark gehalten, daß sie die Zapfenlöcher vollständig füllen, und vor dem Eintreiben werden sie selbst, sowie die berührende Holzflächen mit heißem Theer getränkt.

Nachdem diese Zusammensetzung erfolgt ist, auch die eisernen Ketten, welche Fig. 284. zeigt, eingetrieben sind, bringt man den ganzen Drempel auf die Spundwände und Stützpfähle auf, und geschieht dieses, um ein genaues Schließen der Zapfen möglich zu machen, in folgender Art. Man befestigt an den Drempel Ketten, die, über Rollen geleitet, um drei Erdwinden geschlungen sind. Dadurch wird man in den Stand gesetzt, den Drempel mit Leichtigkeit wiederholentlich aufzulegen und abzuheben. So-
 I m.

wohl die Spundwände, als die Stützpfähle werden alsdann erst nach Maafsgabe der Zapfenlöcher des Drempels mit Zapfen versehen. Man bestreicht die untere Fläche des Drempels vor dem Auflegen mit einer zähen Bolus-Farbe. Alsdann zeichnet sich die Nuthe, welche keine Farbe abdrückt, auf dem Hirnholz der Spundwand ab. Nach dieser Zeichnung werden die sämtlichen Zapfen an der letztern, sowie auch an den Stützpfählen angeschnitten, und das Bestreichen mit Farbe, sowie das Aufpassen des Drempels wird so lange fortgesetzt, bis endlich der gleichmäßige Abdruck der Farbe ein gleichmäßiges Aufliegen auf allen Unterstützungspunkten erkennen läßt.

Die Zapfen der Spundwände können, um ein Abheben des Drempels bei diesen oft wiederholten Proben möglich zu machen, nicht scharf passend zugeschnitten sein. Sie werden daher zuletzt nicht nur mit Theer getränkt, sondern auch mit getheerter starker Leinwand umschlagen. Auch die Nuthen und Zapfenlöcher und überhaupt alle sich berührende Holzflächen werden getheert, und nachdem der Drempel wieder aufgelegt ist, bedeckt man ihn, um ihn vor Beschädigungen zu sichern, mit Brettern, und treibt ihn mit Handrammen fest auf. Endlich werden die aus den oberen Falzen vortretenden Zapfen, die schon vorher aufgeschnitten waren, durch je zwei Keile auseinander getrieben und sorgfältig abgeschnitten.

Der Boden jedes Hauptes wird unter dem Bohlenbelage ausgemauert, und diese Ausmauerung wird auch auf beiden Seiten der Spundwand unter dem Mittelbalken im Ganzen auf 7 Fuß Breite ausgeführt, und erstreckt sich seitwärts bis zu den äußeren Längenspundwänden. Der übrige Theil des Rostes unter den Mauern wird nur mit Thon ausgeschlagen. Um zu dieser Untermauerung eine feste Grundlage zu gewinnen, gräbt man, während die Schöpfmaschinen in kräftigem Betriebe erhalten werden, den Grund zwischen den Pfählen und Spundwänden möglichst tief aus, bringt alsdann eine Lage Bauschutt auf, stampft diese fest an, übergießt sie mit dünnflüssigem hydraulischen Mörtel, und führt eiligst die Mauern bis zu den vorher zugeschnittenen Köpfen der Pfähle herauf. Nachdem alsdann die Grundbalken und Fachbäume aufgebracht sind, setzt man die Maurung bis zur untern Fläche des Bohlenbelags fort.

Der Bohlenbelag ist gewöhnlich in der ganzen Ausdehnung

er doppelt, und die Bohlen jeder Lage sind gefalzt oder Spundung versehen. Außerdem werden sie getheert, und dafür, daß die Fugen des obern Belags nicht über die treffen. Gewöhnlich besteht die untere Lage aus dreieisernen, und die obere aus zweizölligen eichenen Bohlen. Der Falz in den Fachbäumen, sowie in dem Binder, einmal mit der Höhe der eingreifenden Bohle überein, so untere Falz 3 Zoll, und der obere 5 Zoll weit eingeschnitten. Die Bohle wird am Ende mit zwei eisernen, auf jeden liegenden Grundbalken aber mit zwei hölzernen, vorher in Nichten Nägeln befestigt. Diese Nägel sind häufig in der wie bei Gelegenheit des Kammerbodens bereits erwähnt eingesetzten verdeckten Keilen versehen.

Da die Schleusenhäupter massive Böden erhalten, so ist die Art der Ausführung derselben wieder sehr verschieden, und auch in die wurde bei uns die Vorsicht möglichst weit getrieben. Auf Taf. XLI. zeigt das Oberhaupt der Brieskower Schleuse nach-Wilhelms-Canal, die in den Jahren 1826 und 1827 errichtet und für mehrere spätere Bauten als Muster gedient hat. *) Es ist aus dem Pfahrlaß in der obern Hälfte der Fig. 289. a, und aus dem Querschnitt Fig. 289. d, daß hier sogar Querspundwände angebracht sind, welche nicht nur die von beiden Seiten einschließen, sondern an den äußern noch doppelt sind, um ein Durchquellen des Wassers auszuweisen zu verhindern. Die Zahl der Querspundwände beträgt vier, von denen eine vor dem Eingange der Schleuse unter den Schlagwellen und dem Mittelbalken sich befindet, und die vierte den Abfallboden und zugleich den massiven Boden begrenzt. Wenn es sich bei hölzernem Boden recht macht, unter den Schlagwellen Spundwände anzubringen, so vorliegenden Fall gewiß kein Grund für eine solche Anordnung, da das hohe Mauerwerk der Schlagwellen dem Boot trennt.

Unterhaupt dieser Schleuse ist gleichfalls aus massivem Mauerwerk, das in der Thorschwelle nur 2 Fufs stark ist. Unter dem Thorschwelle befindet sich ein Liegenboden, weil daselbst

keine Umläufe vorhanden sind und die Schleuse mittelst Schutz Oeffnungen in den Thoren entleert wird. Die Anzahl der Querspundwände ist dagegen eben so groß, wie im Oberhaupt. Die erste liegt vor dem Thorkammenboden, zwei unter dem Drempe und die vierte an dem untern Eingange der Schleuse. Die sonstige Anordnung des Rostes, die von dem oben beschriebenen wenig abweicht, ergibt sich aus den Figuren. Der hölzerne Kammerboden ist in gleicher Art ausgeführt, wie Figur 268. auf Tafel XXXVIII. im Durchschnitt zeigt. Dieser Boden liegt nach Figur 289. c einen Fuß höher, als der Rost des Oberhauptes, und beide werden durch einen Fachbaum getrennt, dessen obere Fläche in gleicher Höhe mit dem Bohlenbelag des Kammerbodens sich befindet. Hierdurch wird verhindert, daß die Wasseradern, welche sich zwischen der Mauer und dem Bohlenbelag des Rostes hinziehen könnten, nicht unmittelbar in die Kammer treten. In gleicher Weise trennt ein andrer Fachbaum den Boden der Schleusenammer von dem Thorkammerboden des Unterhauptes. Der Rost unter dem letzten liegt aber 3 Fuß tiefer, als der erste.

Die Schlagschwellen werden durch große Werkstücke aus Granit gebildet, die sich zu einem horizontalen Bogen zusammensetzen, dem die Seitenmauern als Widerlager dienen. Jeder Gewölbstein setzt sich über den Anschlag der Thore fort und tritt in geringerer Höhe zum Theil in die Thorkammer, wodurch er um so sicherer in seiner Lage gehalten werden soll.

Der Abfallboden ist in der Mittellinie der Schleuse im Verhältniß von $3\frac{1}{4}$ zu 1 gegen das Loth geneigt, während er im Anschluß an die Seiten-Mauern lothrecht ansteigt. Er bildet sonach eine Fläche, die dadurch entsteht, daß die gerade Linie im Unterboden mit der Kreislinie im Oberboden durch gerade Linien verbunden wird. In Niederländischen Schleusen ist der Abfallboden zuweilen in gleicher Art geformt, bei dem geringen Schleusen-Gefälle und der Gestalt der dortigen Schiffe dient diese Anordnung zur Verlängerung der Schleusenammer.

Der Oberboden der Brieskower Schleuse ist mit Ausschluß der erwähnten Werksteinschicht, welche den Drempe bildet, ganz aus gebrannten Steinen ausgeführt.

Von den Umläufen, die hier in eigenthümlicher Art angeordnet sind, soll später die Rede sein.

Die Niederländischen. Frankreich hat im Jahr 1788
 sieben sind gleichfalls häufig n. u. s. f. in
 versehen, wenn sie auch wegen ungenügender
 auf Pfahlrosten steht. Die Bauweise ist
 diesmal viel einfacher, und ist auch in der
 dung und in gleicher Höhe unter der
 ers wenn auch die Kammer im Inneren
 er wenn der Oberboden ansehnlich höher
 gt. Häufig ist der Rost unter der
 ausgeführt, als unter der Schleusenwand
 befindet sich alsdann eine Spinnwand
 el eine solche in gerader Linie quer
 et. Auch kommt es zuweilen vor, daß
 rosten gegründet sind, während die
 auf dem natürlichen Boden ruht. Eine

Mittheilung bei den Schleusen des Landes
 wo der kiesige Grund ein Defect in
 die Fundirungsart vielmehr nur auf
 das Auswaschen des Untergrundes

den meisten Fällen, und namentlich
 in England und Frankreich
 . Auch in den Niederlanden geschieht
 nicht nur wegen der Kostenersparnis
 Erfahrung machte, daß der Zustand
 sehr mäßig blieb, und daher
 hoffen ließ, bis durch das Einrücken
 geöffnet wurden, die man nur
 der Beurtheilung, ob ein Pfahlrost
 aupt nicht vergessen, daß der Zustand
 desselben bei andern hohen und
 Mangel an Tragfähigkeit des Bodens
 nicht in Betracht kommt. Ist
 ist schwerer als der Boden, der
 wenn dieser also die bisherige
 unter der Schleuse nicht einwinket.

wenn durch starkes und anhaltendes
 die hindurchdringenden Quellen

haben. Bei einem Baugrunde, der an sich fest, dessen Auflockerung aber bei Trockenlegung der Baugrube zu besorgen ist, empfiehlt sich daher eine Fundirungsart, wobei das Pumpen gangbar wird. Dieses ist die Fundirung auf Béton, die im 1. Theil dieses Werks §. 48. ausführlich beschrieben ist. Auch daselbst bereits angegeben, wie man bei Schleusenbauten das mit Béton-Fangedämmen zu umschliessen pflegt, die später Theile der Schleusenmauern bilden.

Indem der Thorkammerboden jedesmal eine horizontale Ebene bildet, auch der Fuß der Seitenmauern darin nicht vortreten darf, weil sonst die Bewegung der Thore bis zu den Thorkammerböden verhindert würde, so ist bei grossen Schleusen, die für den Durchgang von Seeschiffen bestimmt sind, und welche man in den Thorkammerböden, wie in den Vor- und Hinterböden der Häupter mit gekrümmten Gewölben überdeckt, die gehörige Sicherung der Thorkammerböden besonders schwierig. Dieses geschieht, falls die Schleuse nicht auf einem Pfahlrost ruht, entweder durch angemessene Verstärkung dieser Böden, indem man deren Untermauerung bis zu grosserer Tiefe herabführt, oder sie mit Heerdmauern verbindet. Auch kann derselbe Zweck durch starke liegende Roste erreicht werden, indem die Schwellen derselben, durch die Seitenmauern behufs dem massiven Boden zur Stütze dienen. In ähnlicher Weise kann man bei der neueren Dockschleuse in Bremerhaven zur Verstärkung der massiven, auf Pfahlrosten fundirten Thorkammerböden durch diese noch einzelne Eichenstämme von bedeutenden Dimensionen gestreckt und eingemauert. Dieselben liegen in der Längsrichtung der Schleuse und ihre Enden treffen unter die verkrümmten Gewölbe, welche sowohl den Drempel, als den Vorboden beider Thorkammern (für die Fluth- und die Ebbe) einschliessen. Veranlassung zu dieser Verstärkung gab nicht die grosse Weite der Schleuse, die 70 Fuß Bremisch oder 64 Rheinländisch misst, sondern vorzugsweise der Umstand, daß während des Baues der Rost sich etwas gehoben hatte.

Oft werden die massiven Böden der Häupter aus Bruchstein oder gebrannten Steinen ausgeführt. Gewöhnlich unterläßt man alsdann die vollständige Ueberdeckung mit Werkstücken. Nur den Schlagschwellen, der Begrenzung des Bodens am Eingange der Schleuse, so wie in den vortretenden Kanten, wozu auch die

den Damm-balken gehört, pflegt man feste Werksteine zu verwenden. Die Steine, welche im Eingange der Schleuse den Boden bilden, werden oft so verlegt, daß die Stoßfugen nach außen liegen, wodurch sie einen scheinbaren horizontalen Bogen bilden, der das Ausstoßen einzelner Steine verhindert. Fig. 290. a zeigt diese Anordnung im Grundriss und in der Seitenansicht. Die beiden äußeren Steine treten alsdann in die Seitenmauern, um sie mit denselben in gehörigen Verband zu setzen, sind sie, wie in den Niederlanden üblich, seitwärts mit Falzen von der Breite des Ziegelsteins versehen, worin das Mauerwerk eingreift. Sie haben ferner in dem Theile, der in der Mauer liegt, eine etwas erhöhte Höhe, um die nächste Lagerfuge über den Schleusenboden zu heben, wodurch das Ausstreichen derselben erleichtert wird und besser erfolgen kann. Endlich zeigt dieselbe Figur noch die eisernen Steinklammern, wodurch diese Steine geankert werden. Eine Sicherheits-Maafregel ist bei den Niederländischen Schleusen

daß die steinernen Drempel in ähnlicher Weise, wie horizontale Bogen zusammengesetzt werden, ist bereits erwähnt, und es pflegt dieselben, wie bei der Brieskower Schleuse geschehn, aus groben Werkstücken darzustellen, die nicht nur den Anschlag der Thore bilden, sondern sich auch bis in den Thorkammer hinein fortsetzen. Man ist indessen immer bemüht, die Anzahl der Drempelsteine möglichst geringe anzunehmen, weil die Fugen leicht abbrechen können. Zur Sicherung derselben bohrt man auch wohl in zwei einander berührende Steine vertikale Löcher, und nach dem Versetzen sämmtlichen Steine versetzt und die Stoßfugen dazwischen ausfüllen sind, treibt man noch steifen Mörtel oder feinen Béton in die cylindrischen Oeffnungen, um wenigstens stellenweise das Eindringen des Wassers zu verhindern.

Bei diesen steinernen Schlagschwellen ist der Schluß der Thore nicht so dicht, wie bei hölzernen Schwellen, und wenn vielleicht ein kleiner Körper, wie etwa ein kleiner Stein vor der Schwelle liegt, so schlägt das Thor schnell zuschlägt, oder später einem starken Wasserschlage ausgesetzt wird, so springt leicht die Kante der Schwelle ab und es entsteht ein Leck, der nicht mehr sicher gestopft werden kann, wenn man nicht einen andern Drempelstein einsetzt. Aber bei spröden Steinen ist diese Gefahr sehr groß. Man

pfl egt daher nicht selten, und in England sogar gewöhnlich massiven Drempel mit hölzernen Schlagschwellen zu den, die, sobald sie schadhaft werden, mit Leichtigkeit durch ersetzt werden können. Auch bei den an der Lahn erbauten sen hat dieses Verfahren Anwendung gefunden. Es wurde mentlich dadurch geboten, daß zu den Drempeln, wie zu al stigen Werkstücken nur spröder Marmor angewendet werden Fig. 291. *a* und *b* zeigt eine solche Anordnung im Grund Längendurchschnitt. Die Schwellen sind, wie in England etwas in die Steine versenkt, stoßen aber in der Mitte nur zusammen. Für die gehörige Dichtung der Fugen sorgt man elastische Zwischenlagen, und die Befestigung wird durch benbolzen, die in den Steinen vergossen sind, dargestellt. Benzen dürfen indessen eben so wenig, wie die Schraubenmutter stehn, weil sonst die durchgehenden Schiffe leiden könnten. Figuren 311. und 312. auf Taf. XLIV. zeigen gleichfalls Schlagschwellen, und zwar bei kleinen Englischen Canälen, die nur durch einfache Thore geschlossen werden.

In den massiven Böden der Oberhäupter liegen zuweilen läufe. Von diesen wie auch von den Wendenischen und Schienen, auf welchen zur Unterstützung großer Thore Eisen laufen, wird später die Rede sein.

Bei hölzernen Wänden, die an sich niemals wasser sind, muß das Durchquellen zur Seite der Thore auf andere verhindert werden. Dieses geschieht, wie bereits bei Gele der Wehre und Freiarchen erwähnt ist, vorzugsweise dadurch, die Spundwand nur unter der Schleuse, oder soweit sie von baum überdeckt wird, unter dem Horizont des Schleusenbodens geschnitten ist, daß sie aber hinter den Seitenwänden bis Höhe des Terrains und wenigstens bis über den gewöhnlichen Stand des Oberwassers ansteigt. Ein sorgfältig ausgeführter schlag zu beiden Seiten dieser Spundwand pfl egt alsdann dazu treten starker Quellen zu verhindern, wiewohl solche im Laufe der Zeit sich leicht ausbilden, und sonach häufige Befestigungen und Ergänzungen der Hinterfüllung nöthig werden.

Die bei Gelegenheit der Wehre beschriebene und Fig. *c* und *d* auf Taf. XX. dargestellte Methode, wonach der Füllboden etwas verlängert wird, und einige gespundete Bohlen oder

darauf gestellt werden, eignet sich für Schiffschleusen nicht, da der auf den Fachbaum gestellte starke Stiel, worin die Wendenische eingeschnitten ist, eine sehr sichere Befestigung fordert, die man ihm nur geben kann, wenn er unmittelbar an die Spundwand gelehnt wird. Die Anordnung, welche Fig. 293. a auf Taf. XLII. im Grundriss und Durchschnitt zeigt, verdient den Vorzug. In der Spundwand befindet sich nämlich hier ein starker Nuthpfahl, der bis zur Höhe des hintern Theils der Spundwand hinaufreicht. Der Fachbaum lehnt sich an denselben und greift mit einem Zapfen in seine Nuthe, während der hinter der Schleusenwand in größerer Höhe liegende Fachbaum ihn noch stützt. Der starke Stiel, welcher die Wendenische bildet, steht mit einem doppeltem Zapfen in dem ersten Fachbaum, und hat entweder eine Feder, womit er in die Nuthe des Nuthpfahls greift, oder er greift mit übereinstimmenden Nuthen versehn, worin eine besondere Feder eingeschoben wird. Der hinter der Schleusenwand in derselben Spundwand liegende Fachbaum ist dagegen seitwärts an dem Stiel verzapft. Außerdem ist auf den höher liegenden hinteren Fachbaum eine starke Eisenschiene aufgenagelt, die cylindrisches, mit einem Schraubengewinde versehenes Ende in den erwähnten Stiel hindurchreicht, und mittelst einer Schraube wird die feste Verbindung zwischen beiden dargestellt. Außerdem verbinden noch einige mit Widerhaken versehene Bolzen den Stiel mit dem Nuthpfahl. Bei der großen Steifigkeit der Spundwände giebt diese Verbindung dem mit der Wendenische versehenen Stiel schon einen ziemlich festen Stand.

Der Druck des Thors erfolgt in der Längsrichtung des Thors, wird also nur in der Richtung der Spundwand aufgehoben, es muß noch für die gehörige Unterstützung der Wendenischen in der Längsrichtung der Schleuse gesorgt werden. Zu diesem Zweck bringt man in der Schleusenwand eine, oder gleich zwei Stäbe an. Dieselben sind häufig mit den Wandbrettern überblattet, so daß sie vor die letztern nicht vortreten. In der That werden jedoch hierdurch sehr geschwächt werden, so ist es vorzuziehen, wie oft geschieht, und auch in der Figur angenommen, eine besondere Schwelle vor der eigentlichen Wand auf die Grundsohle zu legen. Dieselbe wird in den Ueberkreuzungen eingesenkt, damit sie nicht verschoben werden kann, auch mittelst

eisernen Klammern mit dem Fachbaum fest verbunden. stellt man jene Streben, die in die Schwelle wie in der Wendenische durch Versatzung eingreifen und mit 8 Bolzen an die Wandstiele befestigt sind. Diese Schwelle zugleich den Vortheil, daß sie die Wandstiele im Hinterboden wenn man sie verlängert, auch in der ganzen Länge der senkammer gegen das Verschieben sichert, falls die untern derselben schadhaft werden. Man kann also bei dieser Anordnung in derselben Art, wie schon bei Gelegenheit der Wehre §. 4 empfohlen und Fig. 177. c auf Taf. XX. dargestellt ist, die Stiele mittelbar in die Grundbalken verzapfen und sie gegen die liegende Schwelle lehnen, wodurch sie einen sichern Stand erhalten.

Obwohl der mit der Wendenische versehene Stiel durch seine Verbindung mit der Spundwand, so wie auch durch die Verstrebung in der Längenrichtung der Schleuse so befestigt werden kann, daß er dem Druck des geschlossenen Thors vollständig Widerstand leistet, so muß man doch auch den Druck des geöffneten Thors, das an diesem Stiel hängt, berücksichtigen. Zu diesem Zweck ist noch die Anbringung eines Erdankers erforderlich, wie Fig. 293. a zeigt. Was die sonstige Verankerung der Stiele betrifft, so ist darüber nichts Besondres zu erwähnen.

Die in Fig. 293 dargestellte Anordnung der hölzernen Wände ist nicht die gewöhnliche, wiewohl sie in Beziehung auf Einfachheit und Festigkeit den Vorzug verdient. Oft bringt man nämlich auch bei hölzernen Schleusen vollständige Thornische an, indem die Wände zur Seite des Hinterbodens sich an den mit der Wendenische versehenen Stiel anschließen. Man läßt alsdann die Wände der Wendenische etwas zurückspringen, die Wände zur Seite des Vorderbodens aber wieder in die Richtung der ersten Wände treten. Man muß für jede dieser Wände besondere Schwellen zu legen, die nacheinander vorbeigreifen, so daß die letzten Stiele beider Wände unmittelbar berühren. Diese Stiele, so wie auch die Hölzer des Hinterbodens durch Bolzen mit einander verbunden.

Die zuletzt beschriebene Verbindungsart ist nicht nur wegen der vielfachen Unterbrechung der Wand, sondern vorzugsweise auch deshalb nachtheilig, weil die erwähnte Verstrebung der Wände wegen Ueberschneidung der Streben und Stiele weniger wirksam ist. Läßt man dagegen, wie zuerst angegeben, und 1

Wand in der ganzen Länge der Schleuse in einer Flucht
son, so tritt zwar der Uebelstand ein, daß die Kammer etwa
zu breit ist, wodurch theils eine größere Wasser-Con-
sumption beim Durchschleusen, theils auch ein größerer Zeitaufwand
bedingt wird, doch kommen diese Mängel bei hölzer-
nen Schleusen meist weniger in Betracht, da solche doch nie be-
wassert werden, und daher nur gewählt werden, wo Was-
ser nicht zu besorgen ist.

Ein Uebelstande, daß die geöffneten Schleusenthore an der
Seite frei stehn, und daher von den durchgehenden Schiffen
angestoßen werden können, läßt sich leicht dadurch begegnen, daß
die Thornischen noch durch besondere Stiele begrenzt, die vor
der Mauer gestellt und mittelst Bolzen daran befestigt werden, wie
Fig. 1 zeigt. Hierdurch wird beim Oberhaupt zugleich die Ge-
genwart geboten eine Dammwand anzubringen, und in gleicher
Weise kann auch im Hinterboden des Unterhauptes für einen Ab-
fluß des Wassers bei vorkommenden Reparaturen gesorgt wer-
den. Die Dammbalken unmittelbar an die Wandstiele zu lehnen,
kann sich dadurch, daß die Wände der Schleusen, eben so wie
die Freiarchen mit Bohlen verkleidet sind. Diese Verkleidung
ist aber um so mehr geboten, als man die Wandstiele nicht
der Gefahr der Beschädigung durch Einstoßen der Schiffsbaken
aussetzen darf. Daß die gegen solche Stiele gelehnte Dammwand
ein vollständiges Schloß bildet, da namentlich auch die Seiten-
wände dicht sind, darf kaum erwähnt werden. Diese Wand
vielmehr nur als Seitenbegrenzung eines Fangedamms

Es muß noch bemerkt werden, daß die so eben bezeichnete
empfohlene Anordnung der Wendenischen zuweilen, und na-
mentlich bei schwachem Holz, die feste Aufstellung der Pfan-
nen für den untern Thorzapfen erschwert. Die Wendenische darf
nicht tief in den Stiel eingreifen, derselbe muß aber in
der ganzen Breite auf dem Fachbaum aufstehn, und so kann es
geschehn, daß in der Oberfläche des Letztern kein hinrei-
chender Raum zur Befestigung der Pfanne übrig bleibt. Die Schwierig-
keit läßt sich gemeinhin vermeiden, wenn man in die Verband-
wände, welche die Schlagschwellen bilden, die Falze für den An-
satz der Thore so einschneidet, daß dieselben in der Mittellinie
schmäler sind, als an den Enden, und hier die Holz-

stärke noch hinreicht, um die Pfannen darin einzulassen. A
seits kann man auch besondere Riegel, ähnlich den bei Ha
schen Schleusen üblichen Pfannenträgern anbringen, die in
Schwellen und Grundbalken verzapft und durch Pfähle unter
werden.

Wenn die Seitenwände der Häupter massiv sind, so
zunächst die Frage in Betracht, wie stark man sie machen
Zuweilen wird die Regel aufgestellt, die Mauerstärke sei
diesem Fall der Breite des einzelnen Thorflügels gleich sein
man verlangt dieses sogar, wenn der Verband der Mauern
keine Umläufe unterbrochen wird. Andererseits giebt es viele
sen, namentlich in England, wo die Mauern der Häupter nied
ker, als die der Kammern sind. Letzteres ist nicht zu billig
die Unterbrechung der Flucht durch die Thornischen, so wi
der Druck der Thore, und selbst die Erschütterung, die dies
veranlassen, nicht unbeachtet bleiben dürfen. Dagegen ist m
erste Regel unhaltbar, indem die Stabilität einer Mauer bek
durch deren Höhe bedingt wird. Es lassen sich indessen kei
gemein gültige, einfache Regeln aufstellen, wenn sehr vers
artige Umstände bald größern, bald geringern Einfluß übe
es kann daher nur von der nähern Untersuchung jedes ein
Falles abhängen, wie stark man die Mauer machen muß.

Was über die Brauchbarkeit des verschiednen Mauer
rials bei Gelegenheit der Kammerwände gesagt ist, finde
auf die Mauern der Schleusenhäupter Anwendung. Die vo
genden Kanten am Eingange der Schleuse, an beiden Seit
Thornischen, so wie an den Dammfalzen pflegt man, so v
geschehn kann, abzurunden, oder zu brechen, und dazu Wer
zu wählen, wenn auch der übrige Theil der Mauer aus ge
ten Steinen oder Bruchsteinen besteht. Besonders geschie
Letztere in den Wendenischen, deren Ausführung besondere V
erfordert.

Die Wendenische, oder der Theil der Mauer, welch
geschlossene Schleusenthor berührt, und wo sich ein wasser
Schluß darstellen soll, bildet eine cylindrische Fläche, die
sie berührende Ebne übergeht. Dieselbe Form hat an
Theil des Thors, der sich dagegen lehnt, denn das Thor
der schmalen Seite als halber Cylinder abgerundet. Von da

nische und der Ausdehnung der Berührungsfläche zwischen Thor und der Mauer wird ausführlicher die Rede sein, Festigung der Thore behandelt wird, hier sollen nur die beschrieben werden, wodurch man den scharfen und möglichen Schluß darstellt.

Die Wendenische in Werksteine eingeschnitten ist, so setzt man vor dem Versetzen nur roh zu bearbeiten, und welche wird erst später, nachdem dieser Theil der Mauer und der Mörtel gebunden hat, nach der Chablone und Zeit sorgfältig ausgehauen, so daß die in den übereinstimmenden Steinen gebildeten Vertiefungen zusammentreffen. Wird die Wendesäule des Thors, nachdem sie vollständig ist, wiederholentlich in die Nische eingepaßt. Durch dieselben mit einer dicken Farbe, die in der Nische ist, erkennt man leicht diejenigen Stellen der letztern, die vortreten, und endlich wird die Nische, nachdem sie recht regelmäßig gestaltet ist, noch ausgeschliffen, indem ein Stück Eichenholz, dessen Rundung der Wendesäule in der Nische dreht und auf- und abbewegt, während darauf geschüttet wird. Die Wendesäule selbst hierzu zu benutzen, wie zuweilen geschieht, ist nicht rathsam, indem sie stark leidet.

Man bemüht man sich durch Anwendung recht hoher Steine die Anzahl der Lagerfugen in den Wendenischen möglichen zu mindern, und es geschieht nicht selten, namentlich bei hohen Schleusen, daß Steinblöcke von 5 bis gegen 7 Fufs dazu verwendet werden. Daß eine solche Anordnung von verschiedenartigen Setzen bedenklich ist, darf kaum bezweifelt werden. Zur Befestigung dieser Steine läßt sich die Anwendung der Anker kaum vermeiden. Zuweilen umgeht man die Einführung des Eisens, indem man diese Werksteine auf eine Weise, wie bereits bei Gelegenheit der Befestigung der Mauerrechen erwähnt, mit Nuthen von der Breite der Nische verzieht, und die Hintermauerung darin eingreifen läßt. 94 zeigt diese Anordnung. In vielen Fällen werden diese Anordnungen gemeinschaftlich in Anwendung gebracht. Die Werksteine in der Wendenische nur die gewöhnlichen Steinschichten, also etwa von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fufs haben.

so fehlt die Verankerung, doch wird alsdann jeder Steinchen Nuthen versehn.

In den Französischen und Englischen Schleusen ha-
Steine keine bedeutende Höhe. Die erwähnten Nuthen fi-
nen, aber die Anwendung eiserner Anker ist dabei sehr
lich. Bei uns ist man, besonders in neuerer Zeit gegen
rungen des Mauerwerks mißtrauisch geworden, insofern
dehnung und Verkürzung bei Temperatur-Veränderungen
ders als durch Auflockerung der Mörtelfugen sich ausgleic

Zuweilen werden die Wendenischen auch ohne Anwen-
hauner Steine nur aus hart gebrannten Ziegeln aufgefü-
uns pflegt man in diesem Fall Formsteine zu verwenden, d-
besonders feste Oberfläche oder die Brandkruste erhalten
Ein Ausschleifen der Wendenische, nachdem die Mauerart
endet ist, ist dabei aber immer nothwendig. In manchen u-
in größern Niederländischen Schleusen fehlt die Werkstei-
sung, und ich sah einst in solchem Falle die Wendenisc-
genthümlicher Art aufmauern. Nachdem der hölzerne St-
boden fertig war, stellte man sogleich, also noch vor der
rung der Mauern, die Thore auf, lehnte sie scharf gegen die
schwollen und hielt sie in ihrer Stellung durch mehrere
die von beiden Seiten dagegen getrieben und genagelt war-
der einzelne Klinker, der in die Fläche der Wendenisc-
wurde alsdann sorgfältig so zugehauen und geschliffen, daß
genau an die Wendesäule des Thors anschloß, und diese
ständig berührte. Auch die Mörtelfuge erhielt dabei einen
Schluß. Dieses Verfahren erscheint indessen insofern be-
als die Thore dabei stark austrocknen und leicht sich ver-
daß sie später, wenn das Wasser eingelassen wird, ein-
Form annehmen und nicht mehr scharf schließen.

In manchen Fällen wird der dichte Schluß in massiven
nischen noch in andrer Art bewirkt. Bei den Englischen
schleusen geschieht es nicht selten, daß eben so, wie die
unten gegen aufgebolzte hölzerne Schlagschwellen schla-
auch zur Seite sich gegen hölzerne Stiele lehnen, wo
Wendenischen ausgeschnitten sind. Diese Stiele werden
durch Schraubenbolzen, die in die Mauer eingelassen sind,
Wenn ein wasserdichter Schluß zwischen den Stielen und d-

ne Art auch nicht dauerhaft zu bilden ist, so kann man die Leichtigkeit immer wieder herstellen, sobald starke Lecke vorkommt.

Das Gufseisen ist zu diesem Zweck mehrfach benutzt worden. Nicht nur in England, sondern auch bei uns hat man die Wendenische durch eiserne, rinnenförmig gegossene Platten verkleidet. Fig. 295. a zeigt den Querschnitt einer eisenverkleideten Wendenische, die beim Bau der Pareyer Schleuse (im Plauen-Canal) eingesetzt wurde. Die gusseiserne gekrümmte Platte der Wendenische selbst $\frac{1}{4}$ Zoll stark, die zu beiden Seiten hängenden Lappen, die zur Befestigung dienen, haben dagegen eine Stärke von $\frac{1}{2}$ Zoll. Eiserne Schraubenbolzen, welche die Platte durchsplintet zeigt, sind mittelst Splinten in der Mauer befestigt, gegen diese wird die Platte durch Schraubenmuttern gehalten. Wasserdichten Schluß stellt man dar, indem die Mauer stark möglichst gleichmäßig mit Mörtel beworfen, und während dieser noch weich ist, die Platte dagegen geschoben wird. Sollte Mörtel sich mit der Zeit vom Gufseisen lösen, so muß die Platte abgenommen und die Mörtelfuge erneuert werden.

Vortheilhafter dürfte es sein, die Platte ihrer ganzen Höhe mit einer angegossenen Rippe zu versehen, die in einen Falz der Mauer paßt. Letzterer wird besonders vorsichtig mit Mörtel gefüllt, wenn alsdann die Platte aufgeschoben wird, dringt die Rippe in den Mörtel ein, und schließt sich scharf gegen denselben an, und sie zugleich, falls Wasseraderu sich später eröffnen sollten, das Durchdringen derselben sehr erschwert, indem solche um die Rippe herum fließen müssen. Fig. 295. b zeigt diese Anordnung im Querschnitt.

Wenn über den zum gewöhnlichen Gebrauch bestimmten Schleusenthoren noch andere, nämlich die sogenannten Sturmthore angebracht sind, welche, wenn sie geschlossen, sich gegen die Thore, wie gegen Schlagschwellen lehnen (Fig. 259 auf Taf. IV.), so müssen für die Sturmthore besondere Wendenischen verfertigt werden, die jedoch nur bis zu den Rahmstücken der Thore herabreichen.

Ueber die Verankerung der Halsbänder, worin die obern Zapfen der Thore sich drehn, wird im Folgenden die Rede sein, hier wäre zu erwähnen, daß es bei uns üblich ist, diese Verankerung

noch zu übermauern, um sie durch starke Belastung sicher in Lage zu erhalten. Hierdurch entstehen die vortretenden Massen auf den Häuptern, die man gewöhnlich Postamente nennt.

Dafs die Mauern zur Seite der Häupter mit festen Steinen entweder in ihrer ganzen Breite oder wenigstens auf dem Rande überdeckt werden, bedarf kaum der Erwähnung.

Die Beschreibung einer Vorrichtung zur Unterstützung sehr grosser Schleusenthore, die einem starken Wasserwiderstand leisten sollen, dürfte hier am passendsten ihre Stelle finden. Ein solcher Fall kommt bei den äufsern Schleusen des Nordholländischen Canals vor, und zwar bei denjenigen, die den Durchgang der grössten Schiffe dienen, die also nur selten benutzt werden. Der Unfall, der sich bald nach Erbauung der Buiksloter Schleuse ereignet hatte, wobei nämlich die Thore brachen und eine Ueberschwemmung eines grossen Theils der Provinz Nordholland zu besorgen war, gab Veranlassung zu dieser Maafsregel. So wie die Wilhelms-Schleuse, welche auf der Südseite, also aus dem Canal den Eingang in den Canal bildet, als auch die nahe dahinter gelegene Schleuse bei Buiksloot, die bei einem leicht zu besorgenden Bruch des äufsern Deiches in Wirksamkeit tritt, haben bei der ersten Weite von 50 Fufs oft einen Wasserstand von 10 Fufs über dem Niveau des Canals abzuhalten. In jeder derselben wurde unter den Oberthoren, die an der äufsern Seite liegen, noch ein zweiter Drempel in der Höhe des Wasserspiegels im Canal dargelegt, gegen welchen die Thore zur Zeit der Gefahr sich lehnten.

Fig. 296 a zeigt diese Anordnung. Ein aus starken Balken gezimmertes Floss schwimmt auf dem Wasser. Indem es schmaler, als die Schleuse ist, so kann es in dieselbe hineingebracht werden und nahe an die Thore gelegt werden. Man befestigt es dann gegen die Mauern durch zwei senkrecht eingestellte Balken bei A, und durch zwei horizontale Streben bei B. Für jene, für diese, sind die erforderlichen Einschnitte in der Mauer angebracht.

Um das Thor an dieses Floss zu lehnen, reichen an der äufsern Seite sechs Paar kurze Balken etwa $1\frac{1}{2}$ Fuss weit über den Rand des Flosses hinaus, und an jedem Paar hängt neben den Thoren an einem durchgesteckten Bolzen ein besonders starker Balken, gegen welchen mehrere Thorriegel sich lehnen.

berühren indessen nicht unmittelbar das Floss, vielmehr zwischen jedesmal ein freier Raum von 8 Zoll Weite, und treibt man, wenn die Thore gestützt werden sollen, Keile aus Holz hinein, wodurch die ganze Verbindung die nöthige Festigkeit erhält. Die Figuren b und c zeigen die Stützbalken und deren Verbindung mit dem Floss.

Nachdem vorstehend von den hölzernen und massiven Wänden der Schleusenhäupter die Rede gewesen ist, muss noch erwähnt werden, dass in einzelnen, wenn auch seltenen Fällen eiserne Häupter vorkommen. Auf dem Ellesmere-Canal in Cheshire befinden sich Breston Castle gegenüber einige Schleusen, die zu 17 Fuss Gefälle hatten. Sie wurden wiederholentlich unbrauchbar und stürzten ein, indem sie auf sehr lockerem sandigem Boden (Triebsand) standen. Telford entschloss sich, beim Umbau derselben, sie möglichst leicht, nämlich aus gusseisernen Platten zu bauen. Nach Telford's Aeusserung*) hat diese Anwendung sich vollständig bewährt, wenn auch die erste Anlage, wegen der dortigen geringen Eisenpreise etwas kostbar war. Dieser Schleusen ist 15 Fuss weit, zwischen den Thoren 15 Fuss lang, die Höhe der Wände über dem Unterboden beträgt 6 Fuss über dem Oberboden 6 Fuss. Das Grundwerk besteht aus einem leichten Rost, indem jeder Grundbalken nur durch zwei Pfähle an den Seitenwänden getragen wird, wie Fig. 263 auf Taf. XXXVI. Diese Grundbalken sind 15 Fuss von einander entfernt, gusseisernen, mit Verstärkungs-Rippen versehenen Bodenplatten, die von einer Seitenwand bis zur andern, und sind jedesmal 15 Fuss breit, die Seitenplatten dagegen, deren drei über einander gelegt sind 15 Fuss lang und so gestellt, dass die Stossfugen nicht auf einander treffen. Die Verankerung ergibt sich aus der Figur. In den Häuptern setzt sich dieselbe Anordnung fort, die Thornischleusen wie auch die Wendenischen sind durch passend geformte Platten dargestellt, und eben so besteht der Abfallboden aus einer Reihe von Platten, worauf die Drempele liegen sind mit je zwei Rippen versehen, zwischen welche die hölzernen Schwellen eingelassen sind. In gleicher Art befindet sich auch an den zu beiden Seiten des Oberhauptes angebrachten Damm-

falzen ein hölzerner Balken, der wieder zwischen zwei Rippen liegt. Unter demselben steht eine Spundwand, die einzige in der ganzen Schleuse. Der Abfallboden ist mit doppelten Bohlen bekleidet, damit die von unten in die Schleuse einfahrenden Schiffe nicht etwa gegen die gusseiserne Platte stossen.

In den Häuptern der Schleuse befinden sich zuweilen Umläufe, dieses sind Seitencanäle, wodurch die Kammern mit dem Oberwasser, zuweilen auch mit dem Unterwasser in Verbindung gesetzt werden. Bei den meisten Schleusen fehlen sie, indem die Kammern durch Schutzöffnungen in den Thoren gefüllt und geleert werden.

Die obern Mündungen der Umläufe werden stets in den Thornischen angebracht, indem sie nur bei geschlossnen Thoren in Wirksamkeit treten, die untern Mündungen dagegen in den Kammerwänden, zuweilen auch im Abfallboden. Bei den Unterhäuptern liegen sie in den Flügelmauern. Die Sohlen der obern Mündungen befinden sich in der Höhe der Thorkammerböden, während die untern Mündungen unter dem Horizont des Unterwassers austreten.

Auf diese Weise bildet sich in dem Umlauf des Oberhauptes oft ein starkes Gefälle und bei gleichem Querschnitt wird mehr Wasser abgeführt, als durch ein Schütz, das über dem Unterwasser angebracht ist. Die Schleuse füllt sich also schneller, und dieses ist ein Grund, weshalb man zuweilen Umläufe wählt. Ausserdem gewähren dieselben in den Oberhäuptern den Vortheil, dass man die Verbindung niedriger Thore nicht durch Anbringung von Schutzöffnungen schwächen darf, wodurch namentlich die passende Richtung der Streben oft behindert wird. Endlich tritt bei hohen Abfallböden leicht die Gefahr ein, dass das von diesen herabstürzende Wasser sich in die daneben liegenden Schiffe ergiesst. Keiner von diesen Gründen spricht für die Anbringung von Umläufen in den Unterhäuptern, dagegen kann der grössere Querschnitt derselben auch hier die Entleerung der Kammer beschleunigen, und in manchen Fällen, namentlich wenn man cylindrische Röhren benutzt, wird die Anlage der Umläufe, so wie auch die Vorrichtung zum Oeffnen und Schliessen derselben so bequem, dass hierin wohl der Grund zu suchen ist, weshalb man sie, besonders in England und zwar in beiden Schleusenhäuptern so häufig ausführt.

Gewöhnlich, und namentlich bei grössern Schleusen giebt man

man solche Dimensionen, dass bei vorkommenden Umläufen oder wenn Reingängen derselben nothwendig sein könnten hineingehn können. So hat die Fig. 289 auf Taf. XLII dargestellte Schleuse bei Brieskow Umläufe von 3 Fuss 4½ Fuss Höhe. Sie bilden überwölbte Canäle, welche auf Mauer liegen und sich zu beiden Seiten um den Ober- und Schleusenkammer erstrecken. Sie sind daher im Grundriss gekrümmt und zeigen im Längen-Profil das ganze Gefälle des Canals. Wenn man dieses Gefälle gleichmässig auf ihre Länge vertheilt, so wäre ihre Ausführung wegen der Krümmung in der That sehr erschwert worden, und überdiess auch noch sehr bedenklich, den ganzen Umlauf dem Angriff der Strömung auszusetzen. Man bildete daher an einer Stelle den Wassersturz und wendete hier alle Vorkehrungen an, um denselben unschädlich zu machen, während der vor- und folgende Theil des Canals, worin die Krümmungen, welche der Grundriss zeigt, horizontal geführt ist. Indessen zweifelhaft, ob der beabsichtigte Zweck durch diese Anordnung erreicht wird. Wenn nämlich der Umlauf ganz mit Wasser angefüllt ist, so wird die Geschwindigkeit des Stroms in umgekehrt der Profilweite proportional sein, weil durch denselben in der Zeiteinheit eine gleiche Wassermenge abgeführt wird. Der Umlauf in seiner ganzen Länge gleichen Querschnitts, auch die Luft keinen Zutritt zu ihm, so ist die Geschwindigkeit an allen Stellen gleich gross und wird nur durch die Differenz zwischen dem Ober- und Unterwasser bedingt. Man kann einen solchen Wassersturz an, oder verbindet man die horizontalen Canäle des Umlaufs durch einen lothrecht stehenden Schacht, so befindet sich das Schütz zuweilen unmittelbar vor dem Wassersturz. Diese Anordnung ist Fig. 297 auf Taf. XLII dargestellt. Vortheilhafter dürfte es jedoch sein, wie auch gewöhnlich, das Schütz in die Thormische, also in die obere Mündung des Canals zu stellen, weil es alsdann besser beobachtet und in Nothfall leichter wieder hergestellt werden kann. Man hat bei dieser Anordnung auch mehr Gelegenheit die Gegenstände zu entfernen, welche etwa das Schliessen des Schützes verhindern möchten. Bei der Brieskower Schleuse befindet sich in dem erwähnten Canale eine verengte Stelle, worin ein gusseiserner Rahmen

befestigt ist. Letzterer hat eine quadratische Oeffnung von gleicher Weite. Die obere Fläche des Rahmens ist abgeschliffen und auf ihr liegt eine gleichfalls abgeschliffene eiserne Platte, die an der horizontalen Achse an der hintern Seite gedreht und mit der darüber gestellten Winde gehoben werden kann, wie Fig. 296. In dieser Figur, wie in der vorhergehenden, bemerkt man starke Granitplatten, womit der Boden unterhalb des Schützes gesichert ist.

Wenn man Schütze zum Schliessen der Umläufe anbringt, so lehnen diese sich zuweilen gegen Rahmen aus Stein zu stücken, wie dieses bei den Schleusen am Finow-Canal ist (Fig. 297). Auch bei den in Holland mehrfach aus Fächerschleusen, wo die Umläufe nicht entbehrt werden können, geschieht dieses gewöhnlich. Fig. 299 *a*, *b* und *c* zeigen diesen Verschluss von vorn, von der Seite und im horizontalen Schnitt. Die steinernen Seitenstiele sind nicht nur an der Innenseite zum Einlassen des Schützes mit Rinnen versehen, sondern haben auch auswärts ähnliche Falze, in welche das Ziegelerwerk einbindet. Sie stehen mit Versatzung auf der Schwellen und werden durch zwei in gleicher Weise damit verbundene Steine überdeckt, die als Rahmen das darüber aufgeführte Ziegelerwerk tragen. Sie lassen aber zwischen sich einen Schlitz frei, durch welchen das Schütz aufgezogen werden kann, und ein solches Schütz reicht bis zur Oberfläche der Mauer fort, wo es wieder durch ein Werkstück eingefasst ist.

Wenn das Schütz sich an der obern Mündung des Umlaufs befindet, so lässt man es häufig gegen einen hölzernen Rahmen anlehnen, wobei wegen der geringeren Reibung die Bewegungen des Schützes auch der Schluss dichter wird. Man muss aber in diesem Rahmen von Zeit zu Zeit erneuern, und demnach seine Bestandtheile so anordnen, dass dieses ohne Beschädigung des Mauerscheitels geschehen kann.

Bei manchen Schleusen sind die Umläufe in der Art angesetzt, dass sie hinter den Thornschen des Oberhauptes sich senken, ohne die Längenrichtung der Schleuse zu verfolgen, sondern unter den Oberboden treten, und am Fuss des Abflusses in die Schleusenkammer münden. Diese Einrichtung ist bei den erwähnten eisernen Schleusen am Ellesmere-Canal

und zwar besteht die Umläufe hier, wie Fig. 263 auf XXVI zeigt, aus gusseisernen Röhren, die, ohne sich zu verzweigen, in die Schleusenkammer treten. Dasselbe geschieht in andern kleinen Canal-Schleusen in England.

Für die massiven Schleusen des Ellesmeres-Canals wählte das Telford die in Fig. 262 dargestellte Anordnung, welche auch vielfach vorkommt. Dabei verbinden sich die beiden gemauerten Umläufe unter dem Thorkammerboden und treten in einem über dem Canal in die Schleusenkammer. In derselben Art hat auch (s. *) die Schleusen des Canal du Centre eingerichtet. Die Umläufe bestehen daselbst vor ihrer Vereinigung aus cylindrischen oder steinernen Röhren. Von dem dabei gewählten eigenthümlichen Verschluss der Umläufe wird später die Rede sein.

Häufig geschieht es, dass in einzelnen Canalstrecken der Wasserspiegel sich besonders stark zu senken pflegt, und in diesem Falle muss man dafür sorgen, den Verlust, so oft es nöthig ist, von oben zu ersetzen, ohne dass die Schleuse selbst stark durchströmt.

Man erbaut alsdann daneben besondere Freiarchen, oder wenn es nur um mässige Zuströmung handelt, so bringt man auch an der Schleusenmauer den Zuführungs-Canal an, und wenn diesen mit der Kammer in Verbindung setzt und dafür sorgt, dass er nicht nur an beiden Enden, sondern auch in dieser Verbindung durch Schütze geschlossen werden kann, so bilden sich zugleich Umläufe für das Ober- wie für das Unterhaupt.

Zu den Häuption gehören endlich auch noch die Flügelwände und die hölzernen Flügelwände. Ihre Construction ist mit derjenigen der Schälungsmauern und Bohlwerke genau übereinstimmend. Bei der Bestimmung ihrer Lage und Richtung ist aber besonders darauf Rücksicht zu nehmen, dass die Schiffe bequem in die Schleuse einfahren und darans ausgehn können. Hierüber wird später das Erforderliche mitgetheilt werden.

§. 66.

Anordnung der Thore.

Gewöhnlich stehn zwei Schleusenthore einander gegenüber, wenn sie geschlossen sind, sich unter einem stumpfen Winkel berühren, oder gegen einander stemmen. Man nennt sie *Stammthore*. Bei kleinen Schleusen, namentlich in England, findet man auch häufig einfache Thore vor, welche die ganze Oeffnung spannen und sich gegen eine einzelne gerade Schlagschwelle auch gegen Falze in beiden Schleusenmauern lehnen. Endet man, und zwar in Nordamerika, noch Schleusenthore, die sich nicht um eine senkrechte, sondern um eine horizontale Achse drehn, und beim Oeffnen sich flach auf den Schleusenboden legen. Sie werden auch beim Durchschleusen der Schiffe benutzt. Neben dem haben sie zugleich noch den andern Zweck, grosse Wassermassen durch die Schleuse abzuführen (§. 47, Fig. 193 auf Taf. XI).

Jedes Schleusenthor, mag es ein Stammthor oder ein Seiten-*Thor* sein, erleidet, wenn es geschlossen und der Wasserspiegel auf beiden Seiten verschieden ist, in jedem Theile seiner Fläche dem Oberwasser einen gewissen Druck, der normal gegen die Fläche gerichtet ist. Von dem Niveau des Oberwassers bis zum Niveau des Unterwassers nimmt dieser Druck stetig zu, bis er in der Tiefe des Unterwassers sein Maximum erreicht, das sich von hier abwärts bis zum untern Rande des Thors fortsetzt. Dieser Rand lehnt sich gegen die Schlagschwelle und überträgt auf diese unmittelbar den Druck, der ihn trifft. In gleicher Art lehnt sich ein Seitenrand jedes Thors an die Wendenische, und so kann man die unmittelbare Uebertragung des Drucks voraussetzen. Bei einfachen Thoren bleibt auf beiden Seiten ein solcher Seitenrand außer Betracht. Die dem Druck ausgesetzte Fläche des Thors stimmt also mit der Fläche überein, die auf der Seite des Oberwassers nicht verdeckt ist und vom Spiegel des Oberwassers begrenzt wird. Die Stärke des Drucks auf jeden Theil dieses Thors ist leicht zu finden, und man kann sonach theils den Druck

des Thor, theils auch denjenigen, den jeder horizontale Abdruck desselben von beliebiger Höhe erleidet, berechnen.

Das Thor muß so fest sein, daß es diesem Wasserdruck nicht nachgibt, sondern jeder einzelne Theil desselben darf unter dem ihn treffenden Druck nicht brechen und nicht merklich gebogen werden. Es ist nöthig zuvor die Zusammensetzung des Thors anzugeben, ehe nachgewiesen wird, in welcher Weise den vorstehenden Bedingungen genügt.

Das Schliessenthor ist an einer Seite von der Wendesäule, an der es sich dreht, und auf der andern von der Schlagsäule begrenzt, welche bei einem Stemmthor sich gegen die Schlagsäule des zweiten Thors, bei einem einfachen Thor dagegen an einen Pfosten der Schleusenwand lehnt. Oben befindet sich der obere, unten der Schwellrahmen, der bei geschlossenem Thor an der Schwelle liegt. Diese vier Verbandstücke bilden den Rahmen des Thors. Zur Verstärkung desselben befinden sich darin jedesmal mehrere, und oft eine grosse Anzahl von horizontalen Riegeln, indem häufig auch Mittelstiele und eine oder zwei Streben, welche das Sacken des Thors verhindern. Ueber diesen sämtlichen inneren Verbandstücken fort ist das Thor auf der Seite des Oberwassers durch den Bohlenbelag wasserdicht verkleidet.

Die Bohlen werden in Falze der äussern Verbandstücke eingesetzt, so dass das ganze Thor auf der dem Oberwasser zugewandten Seite eine continuirliche Fläche, gewöhnlich eine Ebene bildet, die von den äussern Verbandstücken begrenzt wird. Im Innern dieser Fläche liegen die Bohlen auf den Riegeln und den Stielen auf, wenn von den Streben abgesehen wird. Es fragt sich, ob sie von den Riegeln oder den Stielen sicherer unterstützt werden. Die Stiele greifen in den obern Rahm, übertragen einen Theil des Drucks, den sie erfahren, auf diesen, und der Rahmen wird sonach, da er frei liegt, stark in Anspruch genommen. Die Riegel dagegen liegen an beiden Enden entweder auf Vorsprüngen der Schleusen-Wände auf, oder bei Stemmthoren stützen sie sich gegenseitig einander, und übertragen den Druck, dem sie ausgesetzt sind, auf die Wändenischen. Sie bieten also dem Bohlenbelag feste Stützungs-Punkte. Berücksichtigt man aber die Verstärkung des Drucks in grosserer Tiefe, so würde man, um allen Theilen des Thors Widerstandsfähigkeit zu geben, unten stärkere Bohlen an-

wenden müssen, als oben wenn dieselben auf den lothrechten Stielen aufliegen. Wählt man dagegen die Riegel zur Unterstützung der Bohlen, die in diesem Falle lothrecht oder doch nur mässig geneigt aufgenagelt werden, so kann man sie leicht, wie bei hohen Schleusenthoren auch immer geschieht, dadurch widerstandsfähiger machen, dass man die untern Riegel näher an einander legt, als die obern. Aus diesen Gründen werden allgemein die Riegel vorzugsweise, und oft sogar ausschliesslich, zur Unterstützung der Bohlen benutzt. Die Stiele sind für diesen Zweck alsdann entbehrlich, wie sie auch in den Niederländischen, Englischen und Französischen Schleusen ganz fehlen.

Die Bohlen sind um so widerstandsfähiger, je kleiner die Längen sind, in welchen sie frei liegen, und hieraus folgt, dass bei gleichem Abstände der Riegel die Bohlen bei senkrechter Stellung am wenigsten der Gefahr des Durchbrechens ausgesetzt sind. Man bringt sie in der That bei auswärtigen Schleusen auch meist lothrecht an. Bei uns dagegen ist es üblich, sie noch als Streben gegen das Sacken der Thore zu benutzen, und sie daher schräge zu stellen.

Sganzin vergleicht*) bei mehreren Schleusen vorzugsweise in französischen Seehäfen den Druck, dem die einzelnen Riegel ausgesetzt sind, mit ihrer Festigkeit gegen das Zerbrechen, und findet, dass das Verhältniss sich durchschnittlich auf ein Drittel, in einem Falle aber, nämlich bei einer Schleuse in Antwerpen, auf mehr als die Hälfte stellt. Er erwähnt zugleich, dass bei Canal-schleusen der Druck gewöhnlich nur dem fünften, höchstens dem vierten Theil der Festigkeit gleich zu kommen pflegt.

Wie sehr nach vorstehender Betrachtung auch die Vorschrift sich begründet, dass man die Riegel unter dem niedrigsten Unterwasser näher an einander legen muss, als die obern, so ist doch nicht zu übersehn, dass die obern Riegel andern, und zum Theil sehr bedeutenden Beschädigungen ausgesetzt sind, die bei den untern nicht vorkommen. Hieher gehören vorzugsweise die heftigen Erschütterungen beim Gegenstossen der Schiffe und die schnelle Abnutzung des Holzes, welches in kurzen Zwischenzeiten benutzt

*) *Cours de construction des ouvrages de la navigation des rivières.* Paris 1841. Seite 209.

ann wieder in der Luft ausgetrocknet wird. Die Erfahrung lehrt, dass die Riegel zwischen dem Ober- und Unterwasser zu brechen. Man wird daher bei Anordnung der Thore diese Umstände gleichfalls berücksichtigen und namentlich sich hüten, diese Riegel durch Ueberschneidung zu sehr zu schwächen.

Es ist bekannt, dass gekrümmte Balken, die mit der Krümmung aufwärts verlegt werden, grössere Lasten tragen, als eben so gerade Balken, wenn ihre Enden nicht nur sicher aufliegen, sondern auch in der Längsrichtung so festgehalten werden, dass sie nicht leicht ausweichen, also nicht von einander sich entfernen können. Durch dieselbe Anordnung kann man in Stemmthoren sowohl den Riegel, als auch den oberen Rahm gegen den horizontalen Druck wesentlich verstärken, wenn man dazu gekrümmte Balken verwendet, die so verlegt werden, dass die convexe Seite in horizontaler Richtung dem Oberwasser zugekehrt ist. Jedes Thor bildet dann eine Art von horizontalem Gewölbe. Das eine Widerlager desselben ist die Wendenische und das andre die Schlagsäule gegenüber stehenden Thors. Bei der symmetrischen Anordnung der Thore, üben sie gleichen Druck gegen einander aus, und jezt sowohl den Druck, den es in seiner Längsrichtung erträgt vollständig auf. Mit Rücksicht auf die Construction begnügt man sich mit sehr massigen Krümmungen der Thore, die meist hinter diejenigen zurückbleiben, welche bei ausschliesslicher Rücksichtigung der Festigkeits-Verhältnisse sich als die vortheilhaftesten herausstellen würden*). Im Folgenden werden verschiedene Beispiele solcher gekrümmten Thore theils in Holz- und theils in Eisen-Construction mitgetheilt werden.

Hiesher ist vorausgesetzt, dass das Thor, sobald der Wasserdruck darauf wirkt, an beiden Seiten vollständig unterstützt ist, oder sowohl der obere Rahm, wie auch jeder Riegel an beiden Enden nicht nur fest aufliegt, sondern wenn er gekrümmt ist, auch einen Widerlager findet. Dieses geschieht bei einfachen Thoren der ersten Art, bei Stemmthoren stellen sich die Verhältnisse jedoch anders. Jedes Stemmthor lehnt sich nur auf einer Seite

an die Wendenische, auf der andern aber an den gegenü-
den Thorflügel. Wäre es absolut steif, so würde auch o-
letzte Unterstützung schon durch die Wendenische und di-
schwelle seine Lage und Form durch den Wasserdruck ni-
dert werden. Der Verband der Thore ist indessen keines-
der Art, dass man sie als absolut steif ansehen kann, si-
vielmehr bei starkem Seitendruck und ungleichmässige-
stützung durchbiegen. Eine Folge hiervon ist, dass bei-
in der Linie, wo sie sich berühren, und namentlich im ob-
nach der Seite des Unterwassers herübergedrängt werd-
dieses nicht auf andere Weise verhindert wird.

Man begegnet dieser Biegung dadurch, dass man d-
in ihrem Rücken stützt, so dass jede Verstrebung, wel-
zwei Riegel gebildet wird, auf keiner Seite ausweichen k-
zwar muss jeder einzelne Riegel, wenn er sich auch
mittelbar an die Seitenmauer stemmt, doch mittelbar
Wendesäule vollständig gestützt werden, oder letztere m-
ganzen Höhe des Thors, sobald dieses geschlossen ist, d-
Rücken die Höhlung der Wendenische berühren.

Der aus dem Zusammenstemmen beider Thore er-
Druck nach der Längenrichtung derselben ist sehr bedeu-
zwar um so stärker, je stumpfer der Winkel ist, den d-
Schlagschwellen einschliessen

Die lichte Weite der Oeffnung AB Fig. 300 auf
sei gleich ω und CD oder die Höhe des gleichschenkliger
gleich $\frac{1}{n} \omega$. Ferner bezeichne b den Abstand zweier R-
Mitte zu Mitte gemessen, oder die Höhe desjenigen Th-
Thors, dessen Druck einen Riegel trifft, h die Druckhöhe
sers, welche diesen Druck veranlasst und γ das Gewicht
Cubikfuss Wasser. Alsdann wird der ganze Druck, d-
Theil des Thors trifft, gleich

$$\frac{1}{2} \omega h b \gamma \sqrt{1 + \frac{4}{n^2}}$$

sein Die Hälfte desselben wird durch die Wendenisch-
ben, die andre Hälfte wirkt am andern Ende des Thors
normal auf dessen Ebne. Dieser Theil des Drucks ist d-

$$P = \frac{1}{4} \omega h b \gamma \sqrt{1 + \frac{4}{n^2}}$$

in so starker Druck, der gegen die Ebene des andern Thors gerichtet ist, wird von dem letztern ausgeübt. Diesen Kräften müssen die Riegel durch ihre gegenseitige Streben entgegenwirken. Bezeichnet man den entsprechenden Gegendruck in Längenrichtung eines Riegels mit Q , so bemerkt man zu-
 dass kein Theil des Drucks P von einem Thore auf das andere sich überträgt, und in jedem Flügel die Kraft Q dem zugehörigen P entsprechen muss. Damit aber in der Richtung der Längsachse der Schleuse Gleichgewicht stattfindet, muss

$$P \cdot \cos \varphi = Q \cdot \sin \varphi$$

wenn der Winkel CBD oder CAD gleich φ gesetzt wird. Es ist aber auch

$$\tan \varphi = \frac{2}{n}$$

$$\text{aber } Q = \frac{P}{\tan \varphi}$$

$$= \frac{1}{2} n P$$

$$\text{daher } Q = \frac{1}{8} \omega h b \gamma \sqrt{n^2 + 4}$$

Setzt man beispielsweise

$$\omega = 30 \text{ Fuss}$$

$$h = 10 \text{ Fuss}$$

$$b = 3 \text{ Fuss}$$

$$\text{und } n = 4$$

so wird, da $\gamma = 61,73$ Pfd. ist, der Druck in der Längenrichtung eines Riegels, oder

$$Q = 31047 \text{ Pfd.}$$

das ist, d. h. etwas über 310 Centner.

Es ergibt sich hieraus, dass die Wendesäule, auf welche der Druck des Riegels sich zunächst überträgt, durchbiegen wird, wenn sie nicht in ihrer ganzen Höhe, oder wenigstens an den Stellen, wo die Riegel in sie eingreifen, sich unmittelbar an die Wendesäule lehnt. Die sämtlichen Riegel wirken aber auf sie in dieselbe Richtung, so dass die Pressungen sich summiren. Der

untere Rahm liegt an der Schlagschwelle, der auf ihn treffende Druck verschwindet daher, und dadurch wird auch der untere Thorzapfen entlastet. Wenn dagegen auf die obern Thorzapfen die Pressungen aller Mittelriegel und des obern Rahms nach Maassgabe der Abstände übertragen werden, so liegt die Gefahr eines Bruchs sehr nahe. Diese Gefahr wird aber oft durch Zufälligkeiten noch vergrössert. Wenn z. B. die Oberthore einer Sch'euse nicht vollständig geschlossen sind, während man die Schütze in den Unterthoren bereits öffnet, so schlagen jene mit Heftigkeit zusammen, und dann geschieht es leicht, dass der obere Zapfen, oder sein Halsband, oder die Verankerung desselben bricht, falls auf diese Theile der ganze Stoss übertragen wird. Bei See-Schleusen verursacht überdiess der Wellenschlag oft ein heftiges Zuschlagen der Thore. Wenn nämlich der Wasserstand in der Kammer mit dem äussern übereinstimmt, so schliessen sich die Thore bei jeder Welle, und öffnen sich sogleich wieder, wenn unmittelbar darauf die Vertiefung zwischen zwei Wellen herantritt. Ein solches Auf- und Zuschlagen der Thore ist höchst gefährlich, es lässt sich aber zuweilen, nicht vermeiden. Um so nöthiger wird daher hier die Vorsicht, die Wendesäulen unmittelbar gegen die Wendenischen zu stützen.

Als die Schleuse bei Buiksloot in der Nähe der südlichen Mündung des Nordholländischen Canals kaum fertig war, trat in ihr ein solches Auf- und Zuschlagen der äussern Thore ein. Das eine Halsband brach, die Thore schlugen um und trafen auf das zu ihrer Unterstützung dahinter gestellte zweite Thorpaar, welches sie zerschlugen. Sogleich bildete sich ein heftiger Strom in das Binnenland, der eine sehr verderbliche Inundation in dem südlichen Theile der Provinz Nordholland besorgen liess. Indem eine Menge Arbeiter in der Nähe beschäftigt, auch Baumaterial jeder Art vorhanden war, so gelang es, den Strom zu stopfen und die Niederung zu retten. Die Schleusenthore lehnten sich aber in dieser, wie in allen Schleusen des Nordholländischen Canals nur stumpf gegen den flachen Rand der Wendenische, ohne mit der Wendesäule die Kehle der Nische zu berühren. Fig. 296 auf Taf. XLII deutet die Lage des geschlossnen Thors in der Wendenische an, und dieser Umstand war wohl vorzugsweise Veranlassung des Bruchs. Auf den obern Zapfen übertrug sich der ganze Seitendruck der Riegel, und die Verankerung löste sich, indem die Steine, welche

ante der Anker stützen sollten, zum Theil herausgeworfen

Dazu kam freilich noch der ungünstige Umstand, dass das Gestein sehr schlecht war. Man konnte denselben aus den ent-
fegten Fugen leicht auskratzen und zwischen den Fingern zerrei-
ßen. Statt Trass anzuwenden, wie sonst geschieht, hatte man bei
den wichtigsten Bauten nur eine Art Ziegelmehl, nämlich gebrannt-
en Kalk aus dem Y benutzt.

Bei Beschreibung des Canals von Briare macht Schulz auf die
Unmöglichkeit einer solchen Stemmung der Schleusenthore schon
aufmerksam*) und bezeichnet diese Unterlassung als Ursache, dass
so viele Zapfen und Halsbänder gebrochen sind. Die Auf-
hängung dieser Thore war eigenthümlich. Die Drehungsachse befand
sich nämlich hinter der Wendesäule, indem eine eiserne Oese in
der Verlängerung der Mittellinie des Thors angebracht war, und
zwei Stangen oberhalb und unterhalb der erstern aus der Mauer
hervortraten, die mittelst eines runden Bolzens das Charnier bildeten,
um welches das Thor sich drehte. Die Wendesäule durfte dabei
nicht cylindrisch bearbeitet sein, indem sie sich nur flach ge-
gen die ebne Fläche der Mauer lehnte. Es übertrug sich also
der starke Seitendruck der Thore auf die Charniere.

Perronet hatte beim Bau der Schleusen des Canals von Bour-
goin**) schon die Bedingung aufgestellt, dass die Mittellinien der
Thore sobald sie geschlossen, die Wendesäulen berühren mußten.
Bei den Englischen Schleusen, und zwar eben sowohl bei den
größten, wie bei den kleinsten, wird durch die eigenthümliche An-
ordnung des Halsbandes hierfür vollständig gesorgt. Das Halsband
besteht nämlich den Zapfen des Thors nur auf der vordern Seite,
die hintere Hälfte des Halsbandes fehlt ganz, kann also dem er-
warteten Druck des Thors keinen Widerstand leisten. Sobald dem-
nach die Pressung in der Längsrichtung eines Thorflügels eintritt,
wird letzterer von selbst soweit zurückgedrängt, bis er sich der
Wendesäule fest anschliesst.

Der Grund, weshalb man diese Regel in vielen Fällen nicht
beachtet, ist wohl darin zu suchen, dass man die Reibung zwi-
schen der Wendesäule und der Wendesche vermeiden

*) Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architektur. Seite 180.

**) *Ouvrages de Perronet* Paris 1768. Seite 453

will. Es ist kaum anzunehmen, dass diese Reibung sehr sein sollte, da bei der gewöhnlichen Einrichtung der Zapfen und Halsbänder die Thore nicht um eine genau schiefere Achse sich drehn, vielmehr sehr bald die Zapfen, sowie Halsbänder sich etwas ausschleifen, und die Thore dann mehr scharf an der Wendenische anliegen, sobald der Wasserstand aufhört. Man kann sich von der Richtigkeit dieser Behauptung leicht überzeugen, wenn man das Schliessen der Thore beobachtet. So lange der Wasserstand von beiden Seiten gleich ist, halten sich die Thore etwas über, und die beiden Schlagstiele berühren sich oben, während man häufig die Fuge zwischen beiden Thoren deutlich wahrnehmen kann, die sich von oben nach unten öffnet. Wenn dagegen der Wasserstand auf der obern Seite gehoben, auf der untern Seite gesenkt wird, so bemerkt man, dass sich beide Thore die senkrechte Stellung annehmen, in welcher die Fuge sich schliesst, und die Thore scharf gegen die Wendenische gepresst werden. Hiernach ist die Anordnung, wonach die Thore den Wendenischen wie die Wendesäulen übereinstimmende cylindrische Flächen bilden und die Drehungsachse mit der cylindrischen zusammenfällt, wohl zulässig. Der scharfe Schluss tritt ein, wenn der Wasserdruck wirksam ist, er fehlt also während der Drehung des Thors, und die Reibung ist in dieser Zeit so stark, dass man, um sie zu vermeiden, die sehr wichtige Unterstützung auf die gehörige Unterstüztung der Thore gegen den Senkstein unbeachtet lassen müsste.

Man kann indessen diese Reibung für den grössten Theil des Weges, den das Thor bei der Drehung beschreibt, noch vermindern, dass man die Drehungsachse etwas von der cylindrischen Fläche der Wendesäule entfernt. Bei den Thoren des Canals von St. Quentin fand Schulz im Jahre 1804 diese Anordnung schon vor. Eytelwein empfiehlt in seiner praktischen Anweisung zur Wasserbaukunst dieses Versetzen der Drehungsachse, und es ist seitdem bei uns allgemein üblich geworden. Es besteht in Folgendem.

Man zeichne das Thor in beiden Stellungen, nämlich in der Stellung A, in welcher es geschlossen und ganz geöffnet ist, wie Fig. 301 in der Abbildung zeigt. In der Stellung B steht es parallel zur Mittellinie der Schleuse, und es ist dabei in dieser Richtung so weit zurückgezogen,

Verhinderung jener Reibung von der Wendische entfernt. Der Mittelpunkt der cylindrischen Fläche der Wendische dabei von D nach D' gerückt. Damit der Mittelpunkt der Drehung des Thors diesen Weg beschreibt, muss die Drehungsachse in der Linie GH liegen, die man in der Mitte der Punkte D und D' auf deren Verbindungslinie senkrecht zieht. In diesem Fall sind die Abstände dieser Punkte vom Drehungspunkt einander gleich. Ausserdem müssen aber auch die aus D und D' nach diesem Drehungspunkt gezogenen Linien also CD und $C'D'$ einen Winkel bilden, welcher dem Drehungswinkel des Thors gleich ist. Bei der ganzen Drehung der Punkt D nach D' kommen. Um diese letzte Bedingung zu erfüllen, ziehe man die Mittellinien AA' und BD des Thors. Der Winkel BDK ist das Complement des Drehungswinkels, und halbirte man denselben durch die Linie DE , so wird C die Stelle der gesuchten Drehungsachse sein. Jeder der beiden Winkel bei D und D' in dem kleinen Dreieck ist nämlich nach der Construction gleich der Hälfte des Drehungswinkels, der Winkel DCD' stimmt also mit dem Drehungswinkel überein.

Verlängert man die Linie BD bis zur Thornsche, so ist $D'D$ oder dem grössten Abstände des geöffneten Thors von der Wendische gleich, weil beide Punkte in den mit gleichen Radien gezogenen Kreislinien und in der Verbindungslinie beider Mittelpunkte derselben liegen. Gewöhnlich beschränkt man diesen Abstand auf einen halben oder äussersten Falls auf einen ganzen Zoll. Die Figur ist im Verhältnisse zur Stärke des Thors eine viel bedeutendere Versetzung angenommen, weil die Construction bei dem Massstabe sonst nicht deutlich hätte dargestellt werden können.

Die Verbandstücke der Thore bestehn gewöhnlich aus Holz, hat man wegen der Vergänglichkeit desselben mehrfach auch Eisen und später auch gewalztes Eisen dazu verwendet. Obwohl einzelnen Theile der Thore bereits beiläufig erwähnt sind, scheint es angemessen, sie in einer vollständigen Zusammenfassung noch zu bezeichnen. Ich nehme dabei Bezug auf Fig. 302a, wo selbst sie sämmtlich angegeben sind, a ist die Ansicht vom Oberwasser, und b die Ansicht vom Unterwasser.

Die Wendesäule bildet entweder unmittelbar oder mittelst

eingesetzter eiserner Zapfen die Drehungsachse des Thors steht in der Wendenische. In den beiden Figuren *a* und *b* ist sie auf den äussern Seiten. Sie ist nach der Fläche des halben Cylinders bearbeitet, an welche sich die dem Oben zugekehrte Fläche des Thors tangential anschliesst, wie der horizontale Durchschnitt *c* zeigt.

Die Schlagsäule, welche beide Figuren *a* und *b* auf den zugekehrten Seiten zeigen, steht der Wendesäule gegenüber, wenn die Thore geschlossen sind, müssen die Schlagsäulen sich berühren und einen wasserdichten Abschluss bilden. Um vollständiger zu erreichen pflegt man, wie der horizontale Durchschnitt *c* zeigt, die äussere Ecke abzustumpfen, damit die Abnutzung in einer Fläche von mässiger Breite erfolge. Häufig tritt man den Kopf der Schlagsäule $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuss über den oberen Rahmen vortreten, indem die Zugstangen oder die sonstigen Vorrichtungen, wodurch das Thor geöffnet und geschlossen wird, hier durchgehen werden. Ausserdem werden die beiden vortretenden Köpfe wohl durch umgeschlungene Ketten verbunden, um das Auseinandergehen der Thore und das Zusammenschlagen derselben zu vermeiden, wenn der Wasserstand auf beiden Seiten derselbe ist, sonach kein äusserer Druck statt findet.

Der untere Rahm oder Schwellrahm lehnt sich an das Thor geschlossen ist, unmittelbar gegen die Schlagsäule, welche er gleichfalls wasserdicht sich anschliessen muss. Er bildet mit der Wendesäule, Schlagsäule und dem

oberen Rahm den Umfassungsrahmen des ganzen Thors. In manchen Fällen und namentlich bei kleinen Thoren setzt sich der obere Rahm über die Wendesäule fort, und der vortretende Theil desselben, der Drehbock genannt, (Fig. 262 und 264 auf Taf. XXXVI) dient als Hebel zum Oeffnen und Schliessen des Thors, theils aber auch zum Gegengewicht, um das Sinken zu verhindern.

Die Thorriegel liegen zwischen dem oberen und unteren parallel zu denselben, und sind oft von beiden gar nicht berührt. Nach dem oben Angeführten muss man sie als Verbindungsstücke ansehen, auf welchen die Festigkeit des Thors zugweise beruht. Sie treten häufig, wie Fig. 302 *c* zeigt, in der Fläche des Umfassungstrahmens und zwar auf der nach

gekehrter Seite bedeutend vor, um durch die grössere dem Wasserdruck einen kräftigen Widerstand entgegen

Dieser Zweck wird, wie bereits erwähnt, um so voll-
bracht, wenn ihre vortretenden Enden sich unmittelbar
an die Wendenischen und theils gegen einander lehnen,
da je zwei Riegel in einem Thorpaar für sich ein horizon-
talgewerk bilden. Diese Anordnung kommt indessen nur
gewährt auch wohl für die Dauer keine grössere Sicher-
heit, da das Huhnholz an den Enden der Riegel bald leidet.

Strebe, welche in den Fuß der Wendesäule und in den
Thorbaum eingreift, hat den Zweck, das Sacken des Thors zu
verhindern. Sie fehlt daher, sobald dieses Sacken auf andre Art
verhindert wird. In manchen Fällen werden die Thore, besonders
wenn sie sehr breit sind, durch zwei auch wohl durch drei paral-
lelen unterstüzt, von denen die obere von der Mitte der
Thorbreite nach der Mitte des obern Rahms reicht. In England
sind Streben nicht üblich.

Mittelstiele, welche die Höhe des Thors haben, und alle
wie auch die Strebe kreuzen, kommen anderweitig nicht
vor, vielmehr nur im nördlichen Deutschland üblich. Es ist
von der Rede gewesen, daß sie nicht nur zur Verstärkung
nichts beitragen, sondern letztere nur unnöthig belasten
und schwächen, indem die Riegel in den Kreuzungen über-
wunden werden müssen. Besonders nachtheilig wäre es, wenn
eine Kreuzung eines Mittelstiels mit derjenigen der Strebe auf der-
selben Stelle eines Riegels zusammenfiel, wodurch letzterer um so
leichter geschnitten werden müßte. Man vermeidet dieses, indem
man die Riegel, theils auch die Strebe so anordnet, daß die
Kreuzungen nicht zusammenfallen. Es ist aber nicht in Abrede zu
setzen, daß dadurch diese Verbandstücke zuweilen eine weniger
gute Lage erhalten. Mittelstiele, welche nur von dem un-
tern bis zum nächsten Riegel, oder von diesem bis zum
obern reichen, kommen auch bei Niederländischen, Französi-
schen und Englischen Schleusen vor. Der eben erwähnte Nachtheil
können nicht ein, indem sie die Riegel nicht überschneiden,
sondern abdann nur zur Einfassung der Schützöffnung.

Die benannten Verbandstücke werden auf der dem Oberwas-
ser abgewandten Seite des Thors mit einer Bekleidung versehen,

welche die sämmtlichen Felder, mit Ausnahme der Sch wasserdicht schließt. Die äußere Oberfläche der Bekle det eine Ebne, oder zuweilen auch eine cylindrische Flä meinhin bringt man sowohl bei hölzernen als auch be Thoren eine hölzerne Bekleidung, aus einfachem Bo bestehend, an, nur bei unsern Schleusen ist der doppelt belag üblich. In neuster Zeit hat auch das Eisen hierbe dung gefunden, indem die Felder zwischen den eiserne durch starke Bleche geschlossen werden.

Bei Beschreibung der Thore ist auch der Laufbrü denselben zu erwähnen, die theils dem Publikum zur überlassen werden, theils aber beim Durchschleusen d und namentlich zum Oeffnen der Schütze in den Thoren behrt werden können. Wenn eine starke Passage über zu erwarten ist, so müssen diese Brücken nicht nur die liche Breite haben, damit man an den Windevorrichtungen vorüber gehn kann, sondern auch zu beiden Seiten m Geländern versehn sein. Da sie über die Seitenflächen vortreten, so verlegt man sie auf die Seite des Oberwa sie beim Oeffnen der Thore den Raum für den Durch Schiffe nicht beengen, sondern sich über die Seitenm Schleuse stellen. Es kommt sogar vor, daß Fahrbrü den Thoren angebracht werden. Dieses ist der Fall bei fachen eisernen Thor in der 40 Fuß weiten Dockschleuse loa in Schottland. *) Dieses Thor ist indessen ganz an struirt, und besteht in einem 12½ Fuß breiten Blechkaste so weit mit Wasser gefüllt wird, daß der hydrostatische l zum Theil trägt, während er außerdem auf 18 Rollen auf Eisenschienen laufen. Die Brücke setzt sich auch rückwä nem kurzen Flügel, wie eine Drehbrücke fort.

Ferner ist die Befestigung der Thore von groß tigkeit. Die Drehung erfolgt um die Wendesäule, doch v unmittelbare Benutzung derselben als Drehungsachse ei Reibung und Abnutzung veranlassen, woher man sie auf ei nen oder stählernen Zapfen im Schleusenboden stellt, der eisernen oder metallnen Pfanne ruht. Auch oben wird i

*) *Civil Engineer and Architect's Journal* 1864. p. 40.

zapfen angebracht, und das Halsband, welches denselben auch wohl den runden Hals der Wendesäule umfaßt, nur sicher in der Schleusenwand befestigt, sondern auch Vorrichtung versehen sein, welche ein Oeffnen oder Abnehmen gestattet, damit man die oft erforderlichen Reparaturen der Thore vornehmen kann, ohne die Mauern abbrechen zu müssen.

Ein Schleusenthor ist aber noch in andrer Weise zu untersuchen. Es kann nämlich in demselben, da es nur auf einer Seite geöffnet wird, ein höchst nachtheiliges Sacken entstehen. Um dies zu verhindern, hat man verschiedenartige Mittel angewendet, von denen eines, nämlich die Strebe, bereits erwähnt ist, von den andern die Unterstüzungen, so wie auch von den Schützen, den dazu gehörigen Winden und den Vorrichtungen zum Oeffnen der Thore in den folgenden die Rede sein.

§. 67.

Hölzerne Schleusenthore.

Hölzerne Thore sind im Allgemeinen mit geringeren Kosten, als eiserne darzustellen, vor den mit gusseisernen Verbandstücken versehenen haben sie auch den Vorzug, daß sie nicht so leicht zerbrechen, wenn Schiffe dagegen stoßen. Die Vergänglichkeit des Holzes, namentlich in den obern Theilen, die abwechselnd dem höhern und dem niedrigeren Wasserstande ausgesetzt werden, veranlassen häufige Reparaturen und Erneuerungen, und dazu kommt noch, daß sehr hohe Thore, die selten benutzt werden, wie die Fluththore (§. 63.), leicht die Form verändern, und wenn sie abgetragen werden sollen, nicht zum Schluß gebracht werden können.

Um den hölzernen Schleusenthoren eine möglichst lange Dauer zu geben, muß man nicht nur gesunde und recht geradefasrige Holzarten wählen, sondern diese auch aus Holzarten wählen, die besonders feucht und beim Wechsel der Nässe und Trockenheit am wenigsten leiden. Die Anwendung des Eichenholzes ist aus diesen Gründen ziemlich allgemein, wiewohl zuweilen einzelne

Theile der Thore auch aus kernigem Kiefernholz mit Vorthail dargestellt werden können.

Um einer Formveränderung der Thore, soweit es geschehen kann, vorzubeugen, muß man nicht nur für eine möglichst solide Verbindung sorgen, die das Verziehn oder Werfen einzelner Stücke verhindert, sondern man muß auch geradefasrige Hölzer wählen, die nicht stark über den Spahn geschnitten sind. Hierbei kommt indessen noch ein wesentlicher Umstand in Betracht, der zuweilen übersehn, oder dessen Wirkungen unrichtig beurtheilt werden. Das Schleusenthor bleibt nämlich theilweise immer in Berührung mit dem Wasser, und in vielen Fällen, namentlich bei Canälen mit unverändertem Wasserstande werden die Oberthore fortwährend fast in ihrer ganzen Höhe benetzt. Bei den Untherthoren geschieht dieses beim jedesmaligen Füllen der Kammer. Die Thore können daher, solange sie im Gebrauch sind, niemals ganz austrocknen. Wenn daher stark ausgetrocknetes Holz bei Anfertigung neuer Thore angewendet wird, so ist eine Formveränderung und zwar schon unmittelbar nach dem Einhängen derselben unvermeidlich. Der scharfe Schluss gegen die Wendenischen und Schlagschwellen, so wie auch der beiden Thore unter sich wird aufgehoben, und ausserdem treten, namentlich beim Quellen der Bekleidung Spannungen ein, welche die Festigkeit der ganzen Verbindung beeinträchtigen. Man meint häufig, aus diesem Quellen den Vorthail zu ziehn, dass das Thor um so dichter werden soll, aber dieser Vorthail ist durch sorgfältige Bearbeitung schon vollständig zu erreichen. Ausserdem ist man gewohnt, zur bessern Conservirung des Holzes, dasselbe zu theeren, und da es in andern Fällen allerdings bedenklich ist, einen Ueberzug, der das Austrocknen verhindert, auf nasses Holz aufzubringen, so glaubt man auch in diesem Fall zuvor für eine recht vollständige Austrocknung sorgen zu müssen, was sich wohl nicht rechtfertigt, während der Nutzen des Theerens in diesem Fall überhaupt zweifelhaft bleibt.

Das Quellen des Holzes bei zutretender Nässe zeigt sich vorzugsweise in der Querrichtung der Fasern, indem dieselben sich etwas von einander entfernen. In der Längenrichtung der Fasern ist es dagegen nur geringe, und scheint bei einigen Holzarten ganz zu fehlen. Die Riegel der Schleusenthore werden demnach weder oder gar nicht verlängert, dagegen dehnt sich die Wendenstule

Schlagsäule in ihrer Breite oder in der Längsrichtung des Thors. Bei ersterer ist dieses besonders merklich, da sie gewöhnlich 18 Zoll oder darüber breit ist. Ausserdem drängt die Bewegung die beiden benannten Verbandstücke aus einander, so weit sie gehn kann, und in Folge dieser verschiedenen Ursachen verschieben sich jeder einzelne Thorflügel, wenn er ganz trocken eingeworfen war. Die beiden Flügel berühren sich demnach schon, ehe sie die Schlagschwellen treffen, und es bleibt eine Fuge unter den Thoren offen, durch welche ein starker Strahl mit Heftigkeit hin- und herspritzt.

Die einzelnen Verbandstücke der Thore sind schon benannt worden. Bei unsern Fluss- und Canalschleusen kommen sie sämmtlich vor und zwar in der Art, wie Eytelwein in der ersten Anweisung zur Wasserbaukunst ihre Zusammensetzung beschrieben hat.

Fig. 302 a, b und c stellt ein solches Schleusenthor dar, nämlich a von der Seite des Oberwassers, und zwar mit der innern, b ohne die äussere Bekleidung, b von dem Unterwasser aus gesehen und c von oben. Zur Beurtheilung der in den Figuren gegebenen Dimensionen muss noch bemerkt werden, dass das Schleusenthor, worin dieses Thor sich befindet, 21 Fuss weit ist.

Die Zusammensetzung der Verbandstücke ergibt sich theils aus den Figuren. Wo zwei Stücke sich kreuzen, sind sie überschritten, doppelte Ueberkreuzungen an derselben Stelle sind stets vermieden, wodurch die Stücke zu sehr geschwächt werden würden. Auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite besteht die Bekleidung des Thors, welche auf den Riegeln, den Rählen und der Strebe aufliegt, dagegen in diejenigen Verbandstücke eingelassen ist, welche den äussern Rahmen bilden. Hieran schliessen sich die Schlag- und Wendesäule, sowie der obere und untere Thorriegel, um die Stärke der äussern Bekleidung vor den innern Verbandstücken auf dieser Seite des Thors vor. Im vorliegenden Beispiel beträgt die Stärke der äussern Bekleidung 1 Zoll.

Auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite des Thors liegen die Verbandstücke frei, ihre äussern Seitenflächen fallen hier aber nicht auf eine Ebene, da sie nicht sämmtlich dieselbe Stärke haben. Der Thorriegel, der besonders stark sein müssen, greifen über alle übrigen Verbandstücke fort. Die Strebe bleibt gleichfalls hinter den

Riegeln zurück, tritt aber vor die Mittelstiele vor, und greift ausserdem mit beiden Enden über die Wendesäule und den obern Rahm. Die Mittelstiele treten vor die äussern Verbandstücke nicht vor.

Diese äussern Verbandstücke sind, normal gegen die Ebene des Thors gemessen, 10 Zoll stark. Die Stärke der Mittelstiele ist 1 Zoll geringer, indem die äussere Bekleidung darauf liegt. Die Strebe tritt auf der Seite des Unterwassers um 2 Zoll, und der Riegel um 4 Zoll vor die Mittelstiele und die äussern Verbandstücke vor. Die Strebe ist demnach 11 Zoll und die Riegel sind 13 Zoll stark. In den Kreuzungen der Mittelstiele und Riegel mit der Strebe sind erstere 5 Zoll, letztere ist dagegen nur 4 Zoll eingeschnitten. Andererseits sind die Mittelstiele, wo sie die Riegel treffen, 4 Zoll und die Riegel 5 Zoll eingeschnitten. Es ergibt sich hieraus, dass die Riegel stark geschwächt werden.

Die sämtlichen Verbandstücke mit Ausnahme der Wende- und Schlagsäule sind an jedem Ende mit doppelten Zapfen versehen. Ausserdem haben die Riegel und die Strebe noch Blattzapfen, mit denen sie über die Wende- und Schlagsäule und den obern Rahm greifen. Ferner ist die Strebe sowohl oben, als unten mit einer einfachen Versatzung versehen, und dasselbe findet auch an beiden Enden des obern und untern Rahms statt. Endlich pflegt auch die Riegel 2 Zoll länger als den Zwischenraum zwischen der Schlag- und Wendesäule zuzuschneiden, und sie an jeder Seite um 1 Zoll tief in die letzterwähnten Verbandstücke einzulassen.

Die Wendesäule ist 18 Zoll breit, da sie das Thor trägt. Die Schlagsäule an derjenigen Seite, welche von der Wendesäule abgekehrt ist, schräge abgeschnitten wird, damit beide Wendesäulen, wenn die Thore geschlossen sind, in der Mittellinie des Thors sich berühren, ist bereits erwähnt. Häufig findet diese Berührung aber nicht in der ganzen Stärke der Schlagsäulen, sondern nur auf einer Fläche von etwa 4 Zoll Breite statt, wodurch der Schoss genauer dargestellt werden kann. Endlich wäre noch zu erwähnen, dass man dem mittleren Theile des untern Rahms gemeinhin auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite eine um 4 Zoll grössere Verstärkung, wie auf einem Fachbaum aufsteht. Es ist indessen von Nachtheil, ein Bohlenstück zu diesem Zweck an den untern Rahm zu nageln.

bedarf kaum der Erwähnung, dass alle Verbandstücke mit Sorgfalt bearbeitet und die Zapfen, Zapfenlöcher und Ver-
 züge scharf schliessend zugeschnitten und ausgestossen werden.
 Man pflegt aber, um das Eindringen des Wassers in die
 Thore zu verhindern, diese sowohl, wie auch die Zapfen und
 alle sich berührenden Holzflächen mit heissem Theer zu
 bestreichen.

Bei der Zusammensetzung dieses Thors werden zuerst die bei-
 den Endstücke mit der Strebe verbunden, alsdann bringt man die
 beiden Rabme auf. Zuletzt wird die Schlagsäule
 zwischen die beiden Rabmen eingesetzt. Alle Zapfen werden sodann mit einem
 eisernen hölzerne Nägel befestigt.

Sodann bringt man die Hauptbeschläge an, damit bei dem
 Eintreiben der Bohlen die Verbandstücke nicht aus einan-
 der gedrängt werden. Diese Beschläge bestehn, wie die Figuren
 zeigen, aus einem Bügel und sechs Winkelbändern. Der erste um-
 fasst das obere Ende der Wendesäule und greift auf jeder Seite
 etwas weit über den obern Rahm, die drei übrigen Ecken
 der Seite des Thors werden mit den sechs Winkelbändern
 verbunden. Diese Beschläge werden sämmtlich in das Holz eingelassen.
 Die Winkelbänder an der dem Unterwasser zugekehrten
 Seite liegen hinter den Blutzapfen der Strebe. Zu bemerken ist
 noch, dass der eiserne Zapfen am obern Ende der Wende-
 säule, von dem später die Rede sein wird, schon vor dem Auf-
 bruch des Bügels eingesetzt werden muss.

Die sämmtlichen beschriebnen Beschläge sind so angebracht,
 dass auf beiden Seiten des Thors sich genau gegenüberstehn,
 und durch Schraubenbolzen oder vernietete Bolzen unmit-
 telbar mit einander verbunden. Zur Unterstützung des Bügels, der
 wichtigste Verbindung darstellt, pflegt man noch die obere Fläche
 des Oberrahms und in den vortretenden Kopf der Wendesäule eine
 eiserne Schiene einzulassen, welche auf den Oberrahm durch
 eisernen Nägel befestigt, und an der Wendesäule durch einen über-
 den eisernen Ring gehalten wird. Diese Verbindung ist in-
 der That von wenig Nutzen. Der erwähnte Ring verhindert dagegen
 das Auseinanderweichen des Holzes und wird daher eben sowohl am obern,
 als am untern Ende der Wendesäule angebracht. Auch pflegt man
 am Kopf der Schlagsäule einen ähnlichen Ring zu ziehen,

Ausserdem werden noch, nachdem der Bohlenbelag auf ist, über denselben, also auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite des Thors, kurze Schienen eingelassen, welche jeden sowohl mit der Wendesäule, wie mit der Schlagsäule verbunden sind. Oft haben diese Schienen auch eine T-förmige Gestalt, in die sie die Säulen auf grössere Länge fassen. Ihre Befestigung geschieht durch Schraubenbolzen.

Das im Vorstehenden beschriebne Thor wird bei uns gewöhnlich mit einer Bekleidung aus doppeltem Belage versehen. Diese Dielen werden auch nicht stumpf aufgenagelt, sondern mit Falzen oder halber Spundung über einander. Man glaubt hierdurch eine vollständige Wasserdichtigkeit zu erreichen, aber nicht zu verkennen, dass die Arbeit mühsamer, also kostbarer und der Belag zugleich weniger dauerhaft ist, als wenn man denselben aus einfachen Bohlen von der Stärke der beiden Lagen gestellt hätte. Die schnellere Vergänglichkeit des Holzes in diesem Falle rührt davon her, dass der Zwischenraum nie vollständig gegen das Eintreten des Wassers geschützt werden kann, die Fäulniss hier wenigstens eben so leicht als an den äusseren Flächen beginnt, und sonach schneller als bei Verwendung stärkerer Dielen den Belag durchdringt. Die Erfahrung zeigt sogar, dass die Fäulniss an den beiden sich berührenden oder innern Flächen rascher als auswärts, erfolgt, und man bemerkt bei der Reparatur der Schleusenthoren häufig, dass solche doppelte Beläge von aussen zwar an beiden Seiten noch gesund zu sein scheinen, während im Innern die Fäulniss schon in hohem Grade eingetreten ist. Die sich überdeckenden Falze im einzelnen Belage geben in dieser Weise eine neue Veranlassung zur Beförderung der Fäulniss, ausserdem trennen sich beim Ziehen und Reißen des Holzes die dünnen Federn, welche den Falz in der nebenliegenden Dielen ausfüllen sollten. Dazu kommt noch, dass man den einfachen Belag, besonders wenn er aus stärkern Bohlen besteht, leicht und dicht machen kann, wie dieses bei Schiffen geschieht.

Sämmtliche Dielen, sowohl des untern, wie des obern Belages, werden parallel zu der Strebe aufgebracht, damit sie letztere in ihrer Wirksamkeit unterstützen. auch greift jede Dielen des obern Belages an beiden Enden in Zahnschnitte der Voranker ein, wie Fig. 302 a zeigt.

Die Dielen bestehn aus Eichenholz, sind meist $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{4}$ Zoll dick und wie bereits erwähnt, mit halber Spundung versehen. Wenn sie mit eisernen Nägeln befestigt sind, liegen sie in der Mitte der sämtlichen innern Verbandstücke, während die äussern darüber vortreten.

Der äussere Dielenbelag von 1 Zoll Stärke wird darauf in gleicher Richtung, aber so aufgebracht, dass er die Fugen des untern Belags deckt. Ausserdem fehlt dabei die Versatzung oder Verzahnung, und die äussern Verbandstücke mit geraden Nuthen versehen, welche dieser Belag eingreift. Jede Diele wird zweimal auf jedes Verbandstück genagelt, welches sie trifft. Der obere Belag ist mit der Wende- und Schlagsäule und dem obern und untern Rahmen bündig.

Die sämtlichen Dielen der Bekleidung werden gleichfalls auf beiden Seiten getheert, und man pflegt sogar zwischen beide Dielen noch Fließpapier auszubreiten, um den Zwischenraum öfterer auszufüllen und das Durchquellen des Wassers zu vermeiden.

In einzelnen Fällen hat man bei Anwendung einer einfachen Bekleidung den Thoren dadurch eine grössere Dichtigkeit zu geben gesucht, dass man in die Stossflächen der Bohlen, die weder mit halber, noch mit halber Spundung versehen waren, sehr feine Rinnen hobelte, und in diese eiserne Federn trieb, die gleichzeitig in zwei Bohlen griffen und die Spundung vertraten. Bei Briener Schleuse neben Cleve ist dieses geschehn, so wie auch bei Schleusen des Main-Donau-Canals.

Wenn das Thor, wie gewöhnlich mit einem Schütz oder einer Schuttbüre versehen ist, so wird diese vor dem untern Felde zwischen den beiden Mittelstielen angebracht. Dieses Feld erhält keine Bekleidung, es setzt sich aber der obere Dielenbelag am Rand der Oeffnung fort. Die bereits erwähnte Verbreiterung des untern Rahms tritt in der Breite von 4 Zoll vor die Ebene der Bekleidung vor und zwar in solcher Länge, dass sie ausser dem untern Felde auch die beiden Stiele zur Seite desselben umfasst, Fig. 502 a und c zeigen. Sie bildet eine Schwelle, worauf theils der geschlossene Schütz aufsteht, theils aber auch die Schossbohlen (welche den Gricssäulen der Archen entsprechen) aufliegen. Letztere sind 4 Zoll stark und auf der innern Seite

mit einer 2 Zoll breiten und eben so tiefen Nuthe versehen das Schütz mit dem Rande der untern Dielen-Lage eingereiht. Die Schossthürleisten stehn vor den Mittelstielen flach auf der Oberfläche des Thors und reichen bis zum obern Rahm herauf. Um der Verzapfung gegen die Schwelle werden sie noch mit eisernen Nägeln, dem Oberrahm und der Strebe durch Schraubenbolzen durch vernietete Bolzen verbunden.

Das Schütz oder die Schossthüre wird in gleicher Weise zusammengesetzt wie §. 46 beschrieben. Von den mechanischen Vorrichtungen zum Oeffnen desselben wird später die Rede sein.

Um einen möglichst scharfen Schluss der beiden Schossthüren darzustellen während die untern Rahme die Schlagschwelle rühren, pflegt man die Thore zunächst um einige Linien zu kürzen, als sie sein sollen. Wenn sie in diesem Zustande aufgehängt und geschlossen werden, so bleibt zwischen ihnen und den Schlagschwellen eine Fuge offen. Man lehnt sie alsdann gegeneinander und befestigt sie in dieser Lage durch dazwischen gestellte Streben, so dass sie unverändert stehn bleiben, während die gegenseitige Stemmung aufhört. Nunmehr schneidet man mit einer Blattsäge die Fuge zwischen beiden Schlagsäulen so, dass der Schnitt von oben bis unten gleiche Weite hat, so wird hierdurch die Schlagsäulen zur scharfen Berührung gebracht, aber die Berührung der Schlagschwellen dabei noch nicht so werden die Thore wieder scharf gegen einander gehörig befestigt, und die Fuge wird auf's Neue aufgestellt. Dieses Verfahren setzt man so lange fort, bis endlich ein scharfer Schluss gegen die Schlagschwellen dargestellt ist, doch nicht etwa die Thore dabei zu sehr zu verkürzen, und sobald nur noch wenig fehlt, Sägen benutzen, die recht fein schneiden können.

Die in den Niederlanden übliche Zusammensetzung der Schleusenthore weicht in mancher Beziehung von der eben beschriebenen wesentlich ab, und ist jedenfalls einfacher. Fig. 303 XLIII a, b und c zeigt ein solches Thor *), nämlich a in

*) Die Zeichnung ist aus *Baud's Coursus of de Waterbouwkunde* entnommen, während für die Beschreibung auch D. J. Storm *Bouwkunde* benutzt ist.

Unterwasser, *b* vom Oberwasser, und *c* in einem durch die Oefnung gelegten horizontalen Durchschnitt.

Der Thor bildet in der dem Oberwasser zugekehrten Seite eine Bekleidung, welche theils durch die äussern Verbandstücke, theils durch die Bekleidung, zum Theil aber auch durch die Streben erhalten wird. Die Wende- und Schlagsäule zeigen nichts Eigenes. Dass man erstere oben und unten mit cylindrischem Geschn hat, bezieht sich mehr auf die Art der Befestigung, als auf die Construction des Thors. Die Stärke der Schlagsäule (senkrecht auf der Ebene des Thors gemessen) ist aber um einige Zoll stärker als die der Wendesäule, und ebenso sind die beiden Rahmen der Riegel nicht in ihrer ganzen Länge gleich stark. Vielmehr verjüngt sich jeder derselben von oben gesehen an der der Schlagsäule zugekehrten Seite, wie Fig. *c* zeigt. Diese Anordnung ist insofern zweckmässig, als dabei aus demselben Stamm jeder Riegel ausgeschnitten werden kann, als wenn man die Verbandstücke parallele Seitenflächen giebt. Ein zweiter Grund dieser Anordnung ist, dass man hierdurch den Schwerpunkt der Mitte des Thors etwas entfernt, und denselben der Wende- säule nähert, und dadurch die Gefahr des Sackens mässigt.

Die Riegel treten an der Seite nach dem Oberwasser um die Stärke der Bekleidung, d. h. um 2 bis 3 Zoll gegen die äussern Verbandstücke zurück. An der andern Seite sind sie mit der Wendesäule und beiden Rahmen bündig.

Die horizontalen Verbandstücke sind sämmtlich durch einfache, Wende- und Schlagsäule weit eingreifende Zapfen verbunden, wie die punktirten Linien in Fig. *a* zeigen. Die Zapfen der beiden Rahmen setzen sich indessen nicht in der vollen Höhe bis an's Ende, sind vielmehr oben oder unten ausgeschnitten, wie die Fig. *a* ebenfalls zeigt, um die Köpfe der Säulen weniger zu schwächen. Ausserdem befinden sich an beiden Rahmen Versatzungen, die oben oder nach unten gekehrt, und die Riegel greifen einen Theil in die Säulen ein. Wegen des Falzes in den Säulen bedingt der Fortgang der Bekleidung greifen endlich die Riegel, sowie die beiden Rahmen an der dem Oberwasser zugekehrten Seite tiefer ein, als an der entgegengesetzten.

Die Riegel von der ganzen Höhe der Thore kommen nicht

vor, nur an den Seiten der Schützöffnung sind zwei schwache Riegel zwischen die nächsten Riegel eingesetzt.

Die Strebe, welche am oberen Rahm und der Wendesäule einen flachen Zapfen in Form einer Versatzung befestigt, hat nur die Stärke von 5 bis 6 Zoll, und da sie selbst einen Theil der Bekleidung des Thors bildet, so steht sie vor der letztern, an der dem Unterwasser zugekehrten Seite nur 3 Zoll vortretend. In jeder Durchkreuzung ist der Riegel $1\frac{1}{2}$ Zoll, und eben so hoch die Strebe eingeschnitten. Ausserdem ist aber noch jedesmal, wie die punktirten Linien in Fig. a zeigen, eine Versatzung gebildet, die die Strebe jeden einzelnen Riegel unterstützt.

Vielfach sieht man auch in den Niederlanden Schleusen in welchen die Strebe nicht im Zusammenhange hindurchgeführt ist, vielmehr nur aus einzelnen Stücken besteht, die durch die Verzahnungen der Riegel eingreifen und sich vom Fuss der Wendesäule bis gegen das äussere Ende des oberen Rahms erstrecken. Die Ueberschneidung wird hierbei vollständig umgangen, so dass zu besorgen, dass solche zusammengesetzte Strebe durch die Eindrücke in alle Riegel sich merklich verkürzt.

Alle Verbindungen werden durch Bestreichen mit Theer dichtet, und die aus Eichenholz bestehenden Nägel, welche durch die Zapfen treibt, werden gleichfalls vorher in Theer getaucht.

Die Beschläge bestehn aus vier Bügeln, von denen einer die Wendesäule und einer um die Schlagsäule gelegt sind, die übrigen zwei sind sämmtlich in das Holz eingelassen. Dasselbe ist auch mit den einfachen und doppelten Winkelbändern. Die letzteren umfassen den mittleren Riegel. Zur Befestigung dieser Beschläge sind eiserne Bolzen, welche jedesmal auf beiden Seiten des Thors in die Schienen fassen, und entweder durch Schraubenmuttern oder durch vernietete Köpfe befestigt sind. Es muss indessen erwähnt werden, dass der mittlere Bügel und eben so auch die doppelten Winkelbänder, welche die Riegel treffen, auf der Bekleidung des Thors ruhen, und daher erst eingesetzt werden können, nachdem letztere in die Höhe gebracht ist.

Die Bekleidung, welche nach Massgabe des Wasserspiegels aus 2 bis 3-zölligen eichenen Bohlen besteht, ist jederzeit doppelte. Die Bohlen sind mit keiner Spundung versehen, um

zur Strebe über die Riegel und an den Enden in Falze dem Verbandstücke genagelt. Diese Falze sind eben so tief. Die Dichtung der Bohlen geschieht in gleicher Weise, als den Schleusenböden, durch Kalfatern.

Die Schutzöffnung wird, wenn es möglich ist, nicht ganz sondern nur so tief angebracht, dass sie unter dem Unterflügel liegt. Die Schossthürleisten reichen nur bis zum zweiten Lerauf, und sind durch Zapfen und Versatzung mit einer Leiste verbunden, die eben so, wie die Leisten, nachdem die Bekleidung aufgebracht ist, mit starken Spitzbolzen an die Riegel und an den Mittelstiele genagelt werden.

Häufig wird das Versacken der Thore noch durch eiserne Bänder verhindert, die sich vom Kopf der Wendesäule bis zum Fuß der Schlagsäule erstrecken, und gemeinlich auf beiden Seiten der Thore angebracht sind. Vorzugsweise geschieht dieses bei größeren Thoren, doch auch bei kleineren, besonders wenn die ersten Streben in demselben aus einzelnen Stücken zusammengeändert sind, wobei aber die sämtlichen Verbandstücke auf der einen Seite in einer Flucht liegen. Oft geht von dem starken Bolzen der auf den Kopf der Wendesäule aufgetrieben ist, ein kurzes Band aus, welches auf dem obern Rahm liegt, und am Ende einen starken Bolzen trägt, in welchen beide schrägen Zugbänder eingelegt sind. Dieselben werden in der Mitte jedes Riegels durch einen Bolzen verbunden und ein solcher befestigt sie auch an dem Kopf der Schlagsäule, der Bolzen ist hier durch die eisernen Bänder hindurchgezogen.

Die Thore in den Französischen Canalachleusen weichen von den eben beschriebenen wenig ab. Sie haben gleichfalls durchgehenden Mittelstiele, die Streben treten aber auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite bis zur äussern Fläche des Belags vor, bilden also einen Theil desselben, und haben nur eine Stärke, so dass die Riegel in den Kreuzungen wenig gehindert werden. Der Bohlenbelag besteht nur aus einer Lage von Bohlen liegen stumpf an einander und sind zur Strebe parallel gerichtet.

Man pflegt auch die Streben dadurch zu verstärken, dass man auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite zwischen je zwei noch kurze Verbandstücke einsetzt und dieselben mit den

Streben verbindet. Hierbei wird jede kurze Strebe mit *V* an beiden Seiten in die Riegel eingelassen. Diese zweite bung würde indessen nur in geringem Maasse das Thor wenn man nicht dafür gesorgt hätte, ihre Spannung später verstärken, sobald sie bei der unvermeidlichen Compression Riegel nach und nach schwächer geworden ist. Dieses dadurch, dass man jene kurzen Streben an den Enden nicht winklig, sondern etwas keilförmig zuschneidet und in gleich auch die Einschnitte in den Riegeln ausarbeitet. Sobald die Festigkeit des Thors nachlässt, oder dasselbe zu sacken anfängt, man nur die beiden Bolzen, welche jeden Theil der hinteren Strebung mit der vordern Strebe verbinden, schärfer an die Ersteren dringt alsdann, wie ein Keil, tiefer zwischen denselben ein, und stellt die stärkere Spannung wieder her. Fig. 1 zeigt diese Anordnung. In der Seitenansicht des Thors *a* sieht man zwischen den Riegeln eingeschobene Streben, im horizontalen Durchschnitt *b* ist die Verbindung derselben mit der durchgehenden Strebe dargestellt, und aus dem Durchschnitt *c*, nach der Linie der Strebe, ergiebt sich die keilförmige Schmiege der beiden Stücke. Selbst die durchgehende Strebe ist in den Enden, womit sie die Riegel überspannt, etwas schräge geformt, um so schärfer aufgetrieben werden kann. Es ist kaum darauf aufmerksam zu machen, dass beide Streben sich nicht mittelbar berühren dürfen, vielmehr anfangs noch ein freier Zwischenraum zwischen denselben bleiben muss, damit sie, wenn nöthig ist, einander genähert werden können.

Um das Sacken der Thore zu verhindern, pflegen die französischen Ingenieure fast jedesmal noch eiserne Zugbänder zwischen den beschriebenen, anzubringen wobei gemeinhin noch andere Vorkehrungen getroffen sind, um sie, sobald es nöthig ist, anzuziehen. Die verschiedenen Anordnungen, welche das Sacken der Thore verhindern, sollen später, wenn von der Befestigung der Thore die Rede ist, speciell beschrieben werden.

Die Beschläge der Französischen Thore verdienen besondere Erwähnung. Bei manchen Thoren findet man neben Beschlägen, als Bügel, die sowohl um die Wendesäulen als Schlagsäule gelegt sind, und den obern und untern Rahmen, an jedem zweiten oder dritten Riegel umfassen. Jedesmal

gel aber sowol mit der Wendesäule, wie mit der Schlagbunden. Die Bügel werden in das Holz eingelassen, und ist nur in die Säulen und Rahme oder Riegel, sondern nicht in die Bohlenbekleidung. Letztere muss daher schon früher eingelegt sein. Zur Befestigung der Bügel dienen gemeinhin Bolzen, die aber nur durch die Rahme und Riegel gezogen werden, weil ein Bolzen, der durch die Säule selbst ginge, zur Festigkeit nichts beitragen, vielmehr nur die Säule schwächen und noch insofern nachtheilig wirken würde, als er das feste Ansetzen des Bügels an die Säule verhinderte.

Bolzen versteht man häufig mit versenkten oder pyramidenförmigen, so dass sie ganz in die Schienen eingelassen werden, so dass das Thor sonach an der dem Oberwasser zugekehrten Seite eine glatte Fläche bildet, die durch keinen vorspringenden Bolzenkopf uneben ist. Man kann indessen hierin noch weiter gehn, wie es bei den neuesten Schleusen geschieht, und das Vortreten der Bolzen und Schrauben auch an der dem Unterwasser zugekehrten Seite vermeiden, wenn man die sämtlichen Bolzenlöcher in den Bügeln kegelförmig stark konisch ausfeilt, und durch Verniethen auch an der Unterseite versenkte Köpfe darstellt. Diese Vorsicht ist gewiss sehr nützlich, da der vorspringende Bolzen oder Bolzenkopf, sobald er geöffnet ist, leicht das durchgehende Schiff treffen und beschädigen kann.

Ein Bolzen zieht gemeinhin den Bügel nicht scharf an. Bei der Arbeit pflegt man freilich das Bohrloch nicht genau in der Mitte des Loches der Schiene anzubringen, es vielmehr etwas von der Seite zu setzen, damit der Bolzen, sobald er eingetrieben wird, schon den Bügel oder den Bügel spannt. Es lässt sich indessen auf diesem Wege keine bedeutende Spannung darstellen, und noch weniger man im Stande, sie wieder hervorzubringen, wenn der Bolzen nach und nach in das Holz, wogegen er lehnt, sich hineinzieht. Bei den Französischen Schleusenthoren wird diesem Uebelstande durch Anbringung zweier Keile begegnet, da die Anbringung aber etwas complicirt ist und in der Behandlung Aufmerksamkeit erfordert, so begnügt man sich, sie nur bei dem wichtigsten Bügel, nämlich demjenigen, der den obern Rahm mit der Säule verbindet, einzuführen.

Fig. 105 zeigt diese Anordnung, „ in der Ansicht von der

Seite und *b* im horizontalen Durchschnitt durch die Mitte gels. Der Bügel ist an beiden Enden, wo der Zug angebracht ist mit langen viereckigen Oeffnungen versehen. Eine Oeffnung gleichem Querschnitt befindet sich in dem Rahm, doch nicht genau mit jenen erstern zusammen, ist vielmehr, wenn der Bügel auflegt, etwa um einen halben Zoll weiter von der Wendesäule entfernt. Man schiebt zunächst zwei mit umgebogenen versehenen Eisenstäbe ein, von denen der eine (der an der Wendesäule liegt) sich an die Wand des Loches im Ruder andere sich an beide Schienen lehnt. Hierauf werden in entgegengesetzter Richtung zwei eiserne Treibkeile zwischen die Schienen geschlagen und dadurch die scharfe Spannung des Bügels hergestellt. Auch wenn später der erste Eisenstab sich tiefer in das Loch drücken sollte, kann man durch Nachtreiben der Keile die Spannung wieder herstellen. Damit der Bügel sich aber nicht herausglücke, ist es vortheilhaft, dahinter noch einen Schraubenbolz zuziehn, der aber in einem weiten Bohrloche liegen muss, das Anziehn des Bügels nicht hindert.

Bei vielen Französischen Schleusenthoren kommt nur ein Bügel, nämlich oben an der Wendesäule vor, und oft fehlt der Ruderhaken, indem der Beschlag nur aus Winkelbändern und Bolzen besteht. Die Winkelbänder sind indessen von den oben beschriebenen gemeinhin darin verschieden, dass sie von der Wendesäule oder von der Schlagsäule mit zwei Armen auf zwei zugehende Riegel oder einen Rahm und den nächsten Riegel gezogen werden. Es kommen auch nicht selten dergleichen Bänder mit drei Armen vor, die einen Rahm mit den beiden nächsten Riegeln, und einen Riegel unter sich verbinden. Wie diese Bänder auch gestaltet sein mögen, so liegen jedesmal zwei gleichgeformte auf beiden Flächen des Thors gegenüber, die mit einander durch Bolzen verbunden sind, und ausserdem entsprechen die an der Wendesäule angebrachten auch denen an der Schlagsäule. Die Riegel sind also jedesmal entweder an beiden Enden mit den Säulen verbunden, oder die Eisenverbindung fehlt ihnen ganz.

Zuweilen besteht der Thorbeschlag auch in einfachen Eisenbändern, die uber einen Riegel fort von der Wendesäule bis zur Schlagsäule reichen, und an beide letztere besonders sorgfältig angebracht sind. Sie verbinden diese also unmittelbar mit einander.

Desdem hat man in Frankreich an manchen Canalschleusen ihnen dadurch eine grössere Festigkeit gegeben, dass man in manchen Winkel zwischen den Riegeln oder Rahmen und den Wendesäulen und Schlagsäulen gusseiserne Eckstücke einsetzte, welche Schrauben oder starke Nägel daran befestigt wurden. So ist beispielweise an den Thoren am Canal St. Quintin geschehen. In demselben ist auch eine Verstrebung angebracht, in der bereits beschrieben, zwischen die Riegel in gleicher Richtung Stäbe eingeschoben sind.

Bei den viel weiteren Dockschleusen der Seehäfen ist in Frankreich schon seit langer Zeit von den bisher beschriebenen Constructionen abgegangen, um theils das Brechen, theils aber das Sacken der Thore zu verhindern. So bilden die Thore im Anfange dieses Jahrhunderts vor dem Kriegshafen Cherbourg eine Schleuse in der dem Oberwasser zugekehrten Seiten cylindrische Flächen, die Riegel sind aber in der Mitte stärker, woher sie der Seite des Unterwassers wieder Ebenen bilden. Jeder Riegel ist als verzahnter Balken aus mehreren Stücken zusammenge-
setzt.

Die lichte Oeffnung dieser Schleuse in den Häuptern beträgt 100 Rheinländisch und jedes Thor ist nahe 32 Fuss lang. Der Unterschied zwischen Fluth und Ebbe zur Zeit der Springfluthen beträgt 15 Fuss, und erreicht nicht selten die Höhe von 22 Fuss. Um diesem Druck gehörigen Widerstand zu leisten, sind die Thore dadurch verstärkt, dass in dem untern Theil derselben, nämlich in 15 Fuss Höhe vierzehn solche Riegel unmittelbar auf einander liegen. Dabei konnten nicht alle Riegel mit Brüstungen in die Wendesäulen und Schlagsäulen eingesetzt werden, dieses ist vielmehr nur dem dritten Riegel geschehen. Die einfachen Zapfen der zugehörigen Riegel sind aber versetzt, um die Säulen nicht in denselben zu sehr zu schwächen. Die ganze Höhe eines Thors misst 124 Fuss.

Um das Sacken zu verhindern, verbinden zwei starke Zuganker die man durch eiserne Keile schärfer anspannen kann, den Zapfen der Wendesäule mit dem Fuss der Schlagsäule, und ausser-

dem ruht das Thor neben der letzteren auf einem breit das auf einer kreisförmigen Schiene läuft. Streben fehlen

In den Englischen Schleusenthoren kommen in Ausnahmen, wie etwa in den Schleusen des Canals lisle Streben nicht vor. Die Thore bestehn nur aus We Schlagsäulen und Riegeln, die Ober- und Unterrahme unter sich aber durch nichts von den Riegeln. Die Bekleid stets durch einfachen Bohlenbelag gebildet, worin die Boh recht stehn. Zuweilen werden aber auch auf der dem Unt zugekehrten Seite des Thors die Felder zwischen den Rieg serdicht verkleidet.

Indem bei dieser Zusammensetzung der Thore alle stücke mit Einschluss der Bohlen unter rechten Winkeln mengesetzt sind, so kann eine Formveränderung leicht Es muss daher jedesmal noch in andrer Weise dem Versa Thore vorgebeugt werden. Bei kleinern Schleusen dieses durch Anbringung der Drehbäume. Der obre Ra sich nämlich über die Wendesäule fort, und wird am äuss mit Eisenmassen oder Steinen soweit beschwert, dass der liche Gegendruck gegen das Thor bei seiner mittleren Ein sich darstellt. Der Drehbaum dient überdiess auch zum und Schliessen des Thors.

Auf Taf. XXXVI sind mehrere Schleusenthore dieser gestellt. Fig. 262 *c* zeigt die Thore der bereits erwähnten auf dem Ellesmere-Chester-Canal. Diese Thore besteht Hauptverbindungen aus Gusseisen, und nur die Drehbäu Holzstücke, die am hintern Ende besonders stark gehalt um das Gegengewicht zu bilden. Fig. 264 *a* ist ein Oberth ein Unterthor einer Schleuse des Ellesmere-Canals. Er einfach, d. h. ein Thor schliesst die Oeffnung, letzteres ist wöhnliches Stemmthor. Der kürzere Arm des Drehbau mittelst Zapfen und Versatzung in die Schlagsäule und ist durch einen Bügel oder durch gegenüberliegende Winkelbä mit verbunden.

Dieselbe Anordnung ist auf Taf. XLIV in den Zei der Schleusenthore des Birmingham-Liverpool-Canals *a* und *b* und des Rochdale-Canals Fig. 312 *a* und *b* da Sie wiederholt sich beinahe bei allen Englischen Canalschle

in Weite, wenn nicht etwa besondere Umstände, wie Brücken, Verengung der Drehbäume verbieten. Auch die Nordamerikanischen Schleusenthore sind in gleicher Weise construiert. So *b* und *c* auf Taf. XXXVII zeigt die Thore einer Schleuse am James-River und Kanawha-Canal.

Zu bemerken ist noch, dass die Schützöffnungen dieser Thore zum Füllen und Leeren der Kammern zu beschleunigen, von der Wendesäule bis zur Schlagsäule reichen, oder das Feld zwischen den untern Riegeln durch das Schütz geschlossen wird. In diesem Fall fehlen demnach die Mittelstiele ganz. Letztere aber auch angebracht werden, indem nur ein Theil des Feldes zur Schützöffnung benutzt wird, so reichen sie nur von einem Riegel bis zum andern, und bestehen aus schwachen Holzbohlen, die allein zur Befestigung der Leisten dienen, worin die Schütze sich bewegen. Der Beschlag dieser Thore ist verschiedentlich werden dabei weniger die Bügel, als die Winkelbänder gebräuchlich, und letztere sind am häufigsten mit zwei parallelen Armen versehen, so dass sie je zwei Riegel mit der Säule verbinden.

Bei grössern Schleusenthoren, die zum Durchlassen von Schiffen dienen, verbietet sich die Anwendung des Drehbaums, weil ein solcher in diesem Fall eine zu grosse Länge erhalten müsste, auch der Gefahr des Brechens ausgesetzt wäre, wenn er gegen Gewicht vollständig darstellen, oder zum Öffnen des Thors benutzt werden sollte. Das Sacken des Thors wird alsdann jedesmal dadurch verhindert, dass man unter dem untern Rahmen ein Rad anbringt, das auf einer im Thorkammerboden befestigten Schiene ruht. Das Thor wird also von diesem Rade getragen, und bei der Drehung desselben rollt letzteres auf der Schiene fort, und es in jeder Stellung die erforderliche Unterstützung findet. Die Anordnung dieser Rollen soll später ausführlich die Beschreibung zeigen.

Die Thore der Englischen Hafenschleusen zeigen noch eine Eigenthümlichkeit, indem ihre vordere Fläche keine Ebene ist, sondern flach cylindrisch ist. Beide Thore bilden demnach, wenn sie geschlossen sind, im Grundriss die Form eines Spitzbogens (Fig. 309). Durch diese Anordnung werden, wie bereits bemerkt, die Riegel bei gleichem Querschnitt wesentlich verstärkt. Das Maass dieser Krümmung oder das Verhältniss der Pfeilhöhe

höhe zur Sehne ist in den Englischen Dockschleusen verschieden. Im Allgemeinen ist die Gefahr eines Bruchs größer, je breiter das Thor ist, woher man dieses Verhältniß so mehr wachsen läßt, je größer die lichte Weite der wird. Man pflegt indessen die Spitze des Drempels gewöhnlich weit vorzurücken, daß die Tangenten, die an die Krümmungen der Thore neben den Schlagsäulen gezogen werden, mit der Sehnenachse einen Winkel von etwa 70 Graden bilden. Hiermit nähern sich die nachstehend benannten Schleusen ziemlich nahe einander überein, wiewohl die Winkel, welche die Sehnen der Schlagschwellen einschließen, und die Krümmungen der Thore verschieden sind. Barlow *) hat diesen Gegenstand näher untersucht, und wenn seine Ansicht in Betreff des Drucks, den die Thore auf einander ausüben, auch nicht richtig ist, und die Resultate, zu denen er gelangt, zweifelhaft bleiben, so ist es doch bedingt ihm darin beizustimmen, daß, wenn man das Boot in die Schleuse einführen will, die scharfe Kante in der Berührungslinie der Thore nicht der größten Widerstandsfähigkeit entspricht, sondern beide cylindrische Flächen in eine zusammenfallen mußte, wenn diese Bedingung erfüllt werden sollte. Der Spitzbogen in der Thorschleuse findet seine statische Begründung darin, daß die Krümmung der Spitze größer, als die der Schenkel ist, insofern die Schleuse auf diese Weise darüber geführte Mauer vorzugsweise von der höchsten Stelle des Bogens getragen wird. Bei den Schleusenthoren findet dieses Verhältniß nicht statt, und es ist daher auch kein Grund vorhanden, den Bogen durch eine scharfe Kante zu unterbrechen. Barlow meint freilich, daß die Unterbrechung der Holzverkleidung auch die Unterbrechung der Form begründe. Es scheint indessen, daß man die scharfe Kante vorzugsweise deshalb gewählt hat, um die Thore nicht zu stark zu krümmen. In einzelnen Fällen, wenn man namentlich eiserne Thore (wovon auch im Folgenden die Rede sein wird) so geformt, daß sie sich zu einer ständigen cylindrischen Fläche ergänzen.

Barlow bezeichnet für verschiedene Dockschleusen die verschiedenen Krümmungen der Thore. Dieselben bilden jedesmal ein gleich

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. I. p.*

in welchem jedoch die gleichen Seiten nicht gerade sondern Kreisbogen sind. Er fand folgende Verhältnisse des durch den Drempel gebildeten gleichschenkligen Dreiecks zur Basis desselben (*a*) und der Höhe zur Sehne der einzelnen gekrümmten Thore (*b*).

	Verhältnisse	
	<i>a</i>	<i>b</i>
London Docks	1 : 3,1	1 : 18
Tonischen Canale	1 : 4	1 : 25
Docks von Dundee	1 : 5,3	1 : 40
Westindischen Docks	1 : 4,6	1 : 38
Katherines Docks	1 : 4,1	1 : 30
Docks zu Sheerness	1 : 3,5	1 : 12

Es zeigt sich hieraus, daß man in der That das zweite Verhältniß erhält, wenn das erste sich vergrößert.

Tab. XLIV. sind zwei verschiedene grössere Thore von einander dargestellt. Fig. 310 zeigt ein Thor des Prince's Dock in Liverpool. Dasselbe ist schon im Anfange dieses Jahrhunderts gebaut, und ist hier vorzugsweise wegen der eigenthümlichen Einrichtung zum Oeffnen der Schütze mitgetheilt, wovon später noch die Rede sein wird. Fig. 309 zeigt dagegen ein Thor des Dock in Hull, und zwar *a* in der Ansicht vom Unterwasser, *b* vom Oberwasser, *d* im vertikalen Durchschnitte und *c* in der Seitenansicht oben, theils mit der Brücke, theils ohne dieselbe. Man merke hierbei zunächst, daß die untern Riegel einander näher liegen als die obern. Sie sind in die Schlag- und Wendesäule verankert mit Winkelbandern, die auf beiden Seiten übereinstimmend angebracht sind, damit verbunden.

Beim Oeffnen der Riegel ist zu erwähnen, daß dieselben, sobald die möglichste Verstärkung der Thore ankommt, unmittelbar aufeinander liegen. Dieses mußte z. B. an den Thoren der Schleuse im Humber-Dock in Hull geschehn, nachdem mehrere Riegel durch nicht berührten, gebrochen waren. Bis zur Höhe von 12 Fuß legte man sie daher dicht schließend einen auf den andern, so daß sie durch Schraubenbolzen. Dieselbe Anordnung ist auch an den Thoren des St. Katherines - Docks in London gebräuchlich, wo selbst sechs Riegel unmittelbar aufeinander liegen. Diese

schließen sich indessen nicht dem untern Rahm an, vielmehr lassen sich zwei Schützöffnungen dazwischen.

Insofern die Dockschleusen nur während des Hochwassers geöffnet werden, so dürfte es befremden, daß man bei jener Schiffschleuse die Schütze so tief angebracht hat, da sie doch in größerer Höhe auch eben so wirksam gewesen wären. Man senkte sie indessen wohl bis zum untern Rahm, damit sie zur Spülung des Thorschwellenbodens benutzt werden könnten.

Die Bohlen, welche man nach Fig. 309 a auf der dem Uferwasser zugekehrten Seite des Schleusenthors bemerkt, haben den Zweck, die Riegel zu schützen, falls die Schiffe darauf stoßen sollten. Sie dienen zugleich zum Einsetzen der Schiffshaken, sonst in die Haupttheile der Thore gestossen werden müßten.

Bei der Kostbarkeit des starken Holzes, das zu großen Schleusenthoren erforderlich ist, hat man verschiedentlich die Riegel aus mehreren Stücken zusammengesetzt. Ein Beispiel hiervon ist die Thore der London - Dock - Schleuse. Jedes Thor ist 31 Engl. hoch und 25 Fuß breit. Die Schlag- und Wendesäulen sind aus Gusseisen dargestellt. Der untre Riegel oder der Schwellenriegel besteht aus einem massiven, nach der Form der Schlagschwelle gekrümmten Balken von 15 Zoll im Gevierten. Die sämtlichen übrigen Riegel sind aus 5zölligen Bohlen zusammengesetzt, von denen in den beiden untern Riegeln je sechs, in den sieben oberen (mit Einschluss des obern Rahms) je drei über einander liegen. Die Bohlen reichen nicht über die ganze Länge des Thors von der Wende- zur Schlagsäule, sind vielmehr in jedem Riegel abwechselnd zwei- oder dreimal gestossen. Sie stoßen in den Fugen stumpf zusammen, und die Lagen sind theils durch eingelegte hölzerne Keile von 1½ Zoll Höhe, theils auch durch hölzerne Nägel, deren jedesmal vier an jedem Stoß angebracht sind, mit einander verbunden. Zu demselben Zweck dienen endlich noch in den untern Riegeln sechs, in den obern Riegeln vier Schraubenbolzen. *)

Ferner sind die Thore des Docks in Grangemouth, das durch Thomson erbaut ist, zu erwähnen. **) Die Weite der O

*) *Public Works of Great Britain.* London 1838. *Survey of the City of London.*

**) *The Civil Engineer and Architect's Journal.* 1844. p. 9.

die sie schließen, mißt 55 Fuß Engl. Sie bestehen ganz aus Holz, und zwar sind die Riegel in ähnlicher Weise, wie die Thore bei Chertoung (Fig. 306) nur an der dem Oberwasser-gekehrten Seite cylindrisch geformt, nach dem Unterwasser zu eben, so daß die Schlagschwellen in der Ansicht von oben gerade Linien begrenzt werden. Die Riegel bestehen an der wo sie gerade sind, aus gewöhnlichen, mäßig starken Balken, gegenförmige Auffütterung unter der Bekleidung ist dagegen in der Art, wie bei den so eben beschriebenen Thoren des Loup-locks aus vierzölligen eichenen Bohlen gebildet, deren Stöße gegenseitig versetzt, und die unter sich durch Schraubenbolzen verbunden sind. Bei diesen Thoren kommt noch die Eigenthümlichkeit dazu, daß sie auf beiden Seiten wasserdicht bekleidet sind. Die Leeren, die auf diese Weise zwischen den Riegeln entstehen, kann beliebig mit Wasser anfüllen und leer pumpen, und dadurch leichtern, daß sie bei allen Wasserständen sich tragen.

Die Thore der Schleuse vor dem Coburg-Dock in Liverpool sind sowohl wegen der ungewöhnlichen Dimensionen, als auch wegen mancher Eigenthümlichkeiten der Construction besondere Erwähnung werth. Indem die größten transatlantischen Dampfböte in die Dock einlaufen, so mußte der Schleuse die Weite von 68 Fuß vorgegeben werden. Jedes Thor ist (Fig. 332 auf Taf. II) nahe 39 Fuß breit und 31 Fuß hoch. In dem gleichschenkeligen Dreieck, welches die Schlagschwellen bilden, mißt die Basis 11 Fuß 2 Zoll, und indem die Pfeilhöhe der dem Oberwasser-gekehrten cylindrischen Fläche des einzelnen Thors 2 Fuß 6 Zoll beträgt, so stellen beide, wenn sie geschlossen sind, auf der Innenseite nahe eine continuirliche Fläche dar, die nur durch eine wenig markirte vortretende Kante zwischen den beiden Schlagschwellen unterbrochen wird. Die Riegel bestehen aus sehr starken eichenen Holzern, der untere Rahm, der 2 Fuß 3 Zoll stark ist, aber, wie Fig. 332 b zeigt, in der Mitte des Thors noch stehend vor die innern Flächen der Riegel vor, und hierdurch ist es möglich die Pfeilhöhe jeder Schlagschwelle auf 10 Zoll zu beschränken.

Die sämtlichen Riegel sind neben der Wendesäule 2 Fuß, indem sie sich nach und nach verjüngen, an der Schlagsäule

nur noch 1 Fuß 3 Zoll breit. Die Höhe des obern Riegels ist 1 Fuß, die der tiefer liegenden vergrößert sich, und der untere Riegel ist 1 Fuß 7 Zoll hoch, der untere Rahm dagegen 2 Fuß 3 Zoll. Auf letzterem liegen unmittelbar zwei Riegel, und die übrigen sind wie die Figur zeigt, zu je zwei mit einander verbunden.

In dasjenige Riegelpaar, welches auf dem untern Rahm liegt, so wie auch in das nächstfolgende, ist eine gewalzte, mit vertiefenden Rändern versehene starke Schiene eingelegt. Dieselbe ist stärker gekrümmt, als das Thor, woher sie in der Mitte des Thores die dem Oberwasser zugekehrte äußere Fläche desselben berührt, und Fig. 332 *a* sichtbar ist. An beiden Enden tritt sie zurück und lehnt sich gegen die Schlag- und Wendesäule. Sie berührt indessen diese nicht unmittelbar, vielmehr liegt jedesmal zwischen noch eine starke Eisenplatte, die als Schuh dient. Diese Schienen bildet sonach einen neuen, noch stärker gekrümmten Bogen, der in der Schlag- und Wendesäule sein Widerstand findet, und das Durchbiegen des Thors gleichfalls verhindert.

Die Riegel sind nur durch gewöhnliche Zapfen mit der Schlag- und Wendesäule verbunden, um aber ihren Abstand von einander zu sichern, sind auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite je zwei Stützen oder kurze Mittelstiele gestellt. Die beiden äußeren lehnen sich unmittelbar an die Wende- und Schlagsäule, die andern sind in der Figur durch punktirte Linien angedeutet. Zur Verstärkung dieser Stiele sind noch Zangen dagegen gebolzt.

Die unmittelbar auf einander liegenden Riegel sind durch Ketten verbunden und diese greifen in den beiden untern Riegelpaaren durch die erwähnten gekrümmten Schienen hindurch.

Der Eisenbeschlag dieser Thore stimmt mit dem sonst in England üblichen überein. Mit demselben verbinden sich die schrägen Zugbänder. Die Aufstellung der Laufbrücke ergibt sich aus der Figur 333 *b* und *c*. Von der eigenthümlichen Anordnung der Brücke, die das Thor unterstützt, wird im Folgenden die Rede sein.

Wesentlich verschieden von den bisher beschriebenen Schiffsthoren sind diejenigen, die seit 30 Jahren in Canada bei kleinen Schleusen vielfach ausgeführt wurden, und in neuester Zeit auch vergrößert, für den Durchgang von Dampfschiffen bestimmten Schleusen, bis zu 45 Fuß lichter Weite, Anwendung gefunden haben.

hieses auf dem Welland Canal und auf den Seiten-
des Ohio geschehn.

Eigenthümliche derselben besteht darin, daß sie keine
Säule und keine Schlagsäule haben, vielmehr nur aus Balken
zusammengesetzt sind, die horizontal dicht über einander liegen.
Jeder, jedesmal Fichtenstämme, werden auf Maschinen sorg-
fältig gleicher Stärke zugeschnitten und behobelt, damit sie ge-
schlossen sich berühren. Jeder Balken wird mit dem nächst
befindlichen durch Pflöcke (vielleicht Spitzbolzen, die mit
Nieten versehen sind) verbunden. Außerdem greifen fünf Ei-
senketten in der ganzen Höhe des Thors durch alle Balken und
sind durch Schraubenmuttern festgespannt. Sollen Schützöff-
nungen angebracht werden, so lassen sich diese bei der gewählten
Constructions-Art leicht darstellen, indem die betreffenden Balken
auf beiden Seiten nur bis zu denselben reichen, und gleichmäßig
abgeschnitten sind.

Ist das Thor in dieser Weise zusammengesetzt, so schneidet
es die beiderseitigen Balkenköpfe in Form der Wendesäule und
Wendesäule zu, so daß jedes Thor in der Wendensche sich frei
auf und gehörig schließend an dieselbe sich anlehnen kann, so
daß auch anderswärts beide Thore, wenn sie geschlossen sind, sich
einander berühren. Starke cylindrische Bolzen, die man oben
und unten eintreibt, bilden die Drehungs-Achsen.

Diese Constructions-Art findet Anwendung, wo das Fichten-
holz sehr billig ist, und dabei tritt vergleichungsweise gegen die an-
dere schon sehr einfache Zusammensetzung der Amerikanischen
Schleusenthore eine Ersparung von 50 bis 100 Procent ein. Außer-
dem werden aber auch noch andre Vorzüge dieser Thore gerühmt.
Es bedarf keines Zweifels, daß sie dem Wasserdruck sehr
großen Widerstand leisten, indem die einzelnen Balken nichts an-
ders als Riegel sind. Sodann ist ihre Aufertigung überaus einfach
erfordert, mit Ausschluß der Bearbeitung der Balkenköpfe, keine
große Geschicklichkeit und Uebung. Demnächst wird auch ihre
Dauerhaftigkeit und endlich die Eigenschaft gerühmt, daß sie
leicht schwimmen, also sehr leicht aufzustellen und dem Sacken
ausgesetzt sind. *)

Mémoires, travaux publics des états-unis d'Amérique. Paris 1873. p. 342.

Schließlich muß noch von denjenigen Schleusenthoren sein, welche sich um horizontale Achsen drehn. kommen in den Schleusen der Amerikanischen Canäle, in deren Oberhäuptern, zuweilen vor, die Figuren 341 und Taf. XLVIII zeigen ein solches Thor in seiner Aufstellung und Zusammensetzung. Die Thornischen sind in ähnlicher Weise für Stemmthore angebracht, doch fehlt darin die Wende. Letztere befindet sich vielmehr über dem Schleusenboden in einen starken Balken, der mit Schraubenbolzen befestigt ist. Das Thor legt sich, wenn die Oeffnung geschlossen soll, gegen das Oberwasser flach nieder, doch berührt den Boden, ruht vielmehr auf einer davor angebrachten Wand von passender Höhe. Die Höhenlage der Wenden der Oberfläche des niedergeschlagenen Thors wird auf gleich wie bei andern Schleusen die der Schlagschwellen bestimmt, da das Thor aus Holz besteht, würde es nicht unter Wasser liegen, vielmehr sich selbst aufrichten, und den Durchgang verhindern. Um dieses zu vermeiden, füllt man es zum Boden mit Steinen oder Gufseisen an. Man darf es alsdann, nach dem Wasser in der Kammer bis zum Oberwasser angestiegen mittelst einer Stange etwas überneigen, und es schlägt nieder. Zum Wiederaufrichten oder Schließen des Thors bedient man sich einer an der einen Seite aufgestellte Winde, die an einer Kette das Thor anzieht. Gemeinhin sind diese Thore in den Oeffnungen zum Durchlassen des Wassers versehen, in den Kammern mittelst Seitencanälen in den Mauern, oder durch die Wände gefüllt werden. Das in den Figuren dargestellte Thor ist auf dem Sandy-Beaver-Canal am Ohio ausgeführt und ist gegen zwei Oeffnungen, die wahrscheinlich mittelst gewöhnlicher Schütze geschlossen werden.

Die Construction des Thors ist so einfach, daß sie keiner nähern Beschreibung bedarf. Die Wende, ihre Länge nach halb-cylindrisch abgerundet, hat an beiden Enden cylindrische Zapfen, welche mittelst eiserner Halsbänder an den erwähnten hölzernen Wenden befestigt sind. Zwei Bänder binden die Wende mit dem gegenüberstehenden Rahmen. Der Rahmen tritt gleichfalls an beiden Seiten vor, damit das Thor, wenn es dem Wasserdruck ausgesetzt ist, sich sicher an die Ma-

an dem einen vortretenden Kopfe die Kette befestigt, das Thor gehoben wird. Zwischen den beiden Riegeln befinden sich noch zwei Verbandstücke, die der Wendesäule parallel sind und zur sichern Befestigung des Bohlenbelags dienen. Der Mangel einer Verstrebung, der leicht zu beseitigen wäre, legt sich um so weniger, als der einseitige Zug beim Heben des Thors ein Verziehen desselben besorgen läßt. Die Oeffnungen zum Einlassen des Wassers sind jedesmal mit vollständigen Rahmschloosern, um die Bekleidung darauf befestigen zu können. Diese Bekleidung, aus einfachen starken Bohlen bestehend, ist doppelt auf beiden Thorflächen angebracht. Von der Ausfüllung der Kammern, um das Thor hinreichend schwer zu machen, ist bereits in Rede gewesen. Es muß aber noch bemerkt werden, daß die beschriebenen Thore die beiden äußern Riegel in der Breite von 2 Zollen sich gegen die, vor die Thornische vorspringende Mauer lehnen, und durch sorgfältige Bearbeitung der genügend dichte Schluß dargestellt sein muß.

Schleusenthore dieser Art waren in kleineren Dimensionen schon vor geraumer Zeit auf Amerikanischen Canälen angewendet, hat man sie aber auch auf größern Canälen, wie auf dem Erie Canal, und zwar in den Oberhäuptern zur Ausführung gebracht. Diese Schleusen sind 18½ Fuß weit und das Gefälle beträgt in der in Rede stehenden Schleuse über 9 Fuß. Dabei ist die eigenthümliche Art von Umläufen in Anwendung gekommen, welche das Füllen der Kammer wesentlich beschleunigt, und wodurch die Rede sein wird. Wie es scheint, kommen sie nur in den Oberhäuptern vor.

Die Mauer, welche bis zur Sohle der vorhergehenden Canalwand sich erhebt, ist so weit abwärts versetzt, daß das herabgehende Thor sie nahe berührt, und die so gebildete Thorkammer auf beiden Seiten mit zurücktretenden Thornischen versehen. Das Thor niedergelegt ist, ruht es auf zwei hölzernen Unterlagern, und diese liegen auf einem wasserdicht abgeschlossenen Boden, worin die Oeffnungen zum Einlassen des Wassers in die Kammer angebracht sind. Die Schlagschwelle, in deren Mitte die horizontale Wendesäule des Thors sich dreht, steht auf einem nicht verkleideten, aus mehreren Stielen bestehenden hölzer-

Wand. Jener wasserdichte Boden scheidet also das Oberwasser von der Kammer.

Das Thor ist 21 Fuß lang. An die horizontale Wendeseite sind an beiden Enden cylindrische Zapfen angeschnitten, und gegenüber befindet sich nicht nur ein einfacher starker Balken, sondern derselbe wird noch durch eine dem Oberwasser zugekehrte Verstrebung unterstützt, deren Bolzen (ähnlich den Hängeeisen in senkrechten Verstrebungen) sein Durchbiegen verhindern. Beide horizontale Verbandstücke sind mit Einschluss der Seiten-Rahmen durch sieben Riegel verbunden, und die dazwischen befindlichen sechs Felder hat man auf beiden Seiten durch wasserdicht schließende Bohlen verkleidet, nachdem die Zwischenräume mit Stein gefüllt waren. Das Thor stellt sich aber, wenn es gehoben wird, nicht lothrecht, sondern bleibt etwas geneigt, woher es, sobald der Wasserdruck aufhört, von selbst niederfällt und sich dadurch öffnet. Die Winde zum Heben des Thors steht nicht, wie Fig. 34 angiebt, hinter demselben, sondern am obern Ende der Thornische und von ihr gehn zwei Ketten aus, die über je eine Rolle nach dem vortretenden Kopfe des obern Rahms des Thors führen. Da eine dieser Rollen ist über dem stromabwärts gekehrten Ende der Thornische, und die andre am gegenüberstehenden Ende derselben und zwar nahe über dem Thorkammerboden angebracht. Je nachdem man also die mit einem Vorgelege versehene Winde nach einer oder der andern Seite dreht, so hebt oder senkt man das Thor. Letzteres wird aber wieder nur an einer Seite gefasst.

Die Vorzüge dieses Thors gegen gewöhnliche Stemmthore bestehen zunächst in der einfacheren Construction, sodann wird bei größern Schleusen auch die Thorkammer etwas verkürzt. Man so in Amerika diese Anordnung in Verbindung mit der Vorrichtung zum Füllen der Kammer nicht nur als einfacher und wohlfeiler in der ersten Anlage, sondern auch als sehr bequem in der Handhabung befunden haben, während die Füllung der Kammer dabei besonders schnell erfolgt. *)

*) *Malézieux, travaux publics des états-unis d'Amérique. Paris 1873. p. 2*

§. 68.

Eiserne Schleusenthore.

Wegen der Vergänglichkeit des Holzes, besonders wenn das-
selbe durch die Benetzung und dem Zutritt der Luft ausge-
setzt ist, hat man seit geraumer Zeit versucht, einzelne Theile der
Schleusenthore oder dieselben auch vollständig aus Gusseisen
oder gewalztem Eisen darzustellen. Die Verwendung des
Eisens hat zu sehr befriedigenden Resultaten geführt,
so mehr Eingang gefunden, als es immer schwieriger wird,
in Verbandstücken nöthigen starken und gesunden Eichen-
holz zu beschaffen. Dabei darf freilich nicht unbeachtet bleiben,
daß heutiges Tages, wenigstens Thore von mässigen Dimen-
sionen, mit geringeren Kosten aus Holz, als aus Eisen darzu-
stellen sind.

Wesentliche Uebelstände der hölzernen Schleusen-
thore zeichnet man ihre kurze Dauer, die Nothwendigkeit häu-
figer Reparaturen und den wenigstens alle zwei Jahre zu wieder-
holten Malen Ueberanstrich. Dabei sind auch nicht nur die Kosten,
sondern auch die Unterbrechung der Schifffahrt zu berücksichtigen.
Der französische Ingenieur Lermoyez, zu dessen Dienstkreis
eine Anzahl Schleusen an der obern Schelde, am Canal
St. Quintin gehören, erklärte dagegen*)
den Vortheilen gegen hölzerne Thore für weniger erheblich, als
man gemeinhin auffasst. Er führt an, dass die erste Schleuse
am Canal St. Quintin, durch welche im Jahre 1865 nicht weniger,
als 1000 Schiffe gingen, hölzerne Thore hat, die obwohl 30 Jahre
alt noch in gutem Zustande befinden. Bei der überaus fre-
quenter Schifffahrt, sei es aber nicht zu vermeiden, dass oft die
Unterthore schon gezogen werden, ehe die Oberthore
geschlossen sind, und letztere daher heftig zuschlagen. Es
erregt er jedoch auf die Vorzüge an, dass man ganz gesundes Holz ver-
wenden kann. Auch legt derselbe Gewicht auf die Verbindung der Rie-

Annales des ponts et chaussées 1866 I. pag. 127.

gel mit den Wende- und Schlagsäulen durch gusseiserne Eckanker, von denen im vorigen Paragraph schon die Rede war. Die häufigen wiederholten Reparaturen stellt er ferner in Abrede, und sagt, dass diese sich nur auf die Schützvorrichtungen beziehen. Was das Theeren betrifft, so erfolge dieses in jedem zweiten Jahr durch einen Unternehmer, der für jedes Thorpaar nur 4 Thaler und dabei werde die Schifffahrt auch nur an einem Tag unterbrochen.

Für Thore aus gewalztem Eisen liegen wohl kaum jährige Erfahrungen vor, wenigstens sind solche noch nicht geworden, dagegen haben diese Thore nach zwanzigjährigem Gebrauch sich bisher schon vollständig bewährt, und besonders ist es, dass das Rosten, das man vorzugsweise besorgte, nicht in bedrohlicher Weise eingetreten ist.

Das Gusseisen hat sich dagegen nicht als sicher erwiesen, es bei starken Erschütterungen bricht, und namentlich ist dies vielfach erfolgt, wenn Schiffe gegen die Thore stiessen, nicht immer vermeiden lässt. Von der Anwendung des Gusseisens zu diesem Zweck ist man daher in neuerer Zeit zurückgekehrt.

Die ersten eisernen Schleusenthore und zwar aus gewalztem Eisen, sind wie es scheint von Telford auf dem 1793 bei Ellesmere-Canal erbaut. Telford sagt*), er sei hierzu durch Erfahrung veranlasst, dass gewöhnliche Thore, selbst aus dem Englischen Eichenholz, nach wenig Jahren schadhaft werden, indem sie bei dem häufigen Wechsel der Nässe und Trockenheit zerfallen. Bei jeder Erneuerung oder Aussbesserung der Thore wurde die Schifffahrt unterbrochen, und es erscheine aus diesem Grunde als dringendes Bedürfniss, für grössere Dauer der Thore zu sorgen. Der Ueberfluss an Eisenerzen in der Grafschaft Shropshire habe ihn auf die Anwendung des Gusseisens anstatt des Holzes geführt. Der Erfolg habe seine Erwartung vollkommen gerechtfertigt, denn einige dieser Thore seien bereits über 20 Jahre im Gebrauch, zeigen aber noch keine Spur von Beschädigung oder Abnutzung.

Die Schleusen des benannten Canals, oder vielmehr der Canal-Systems in dortiger Gegend sind theils 14, theils

*) *Life of Telford*. London 1838 pag. 36.

Die Thore der letztern sind nicht Stemnthore, sondern nur aus einzelnen Flügeln, und diese, so wie auch die Thore in den Oberhäuptern der weitem Schleusen sind in einem Stück als Platten gegossen. Jede derselben ist statt der Rippen mit Verstärkungs-Rippen versehen, und die Schlag- und Wendesaule, so wie auch der Schwellrahmen sind gleichfalls aus demselben Guss dargestellt. Die Wendesaule trägt auf dem cylindrischen Hals noch einen starken Ring, in welchen eine Drehbaum gesteckt ist, der bis zur Schlagsäule reicht. Die Thore der weitem Schleusen, welche über 20 Fuss hoch sind, bestehen dagegen aus einzelnen gusseisernen Verband-Platten, die mittelst vorstehender Ränder durch Schraubenbolzen verbunden sind. Sie haben auch eine hölzerne Bekleidung. Ihre Construction stimmt also mit der später für gusseiserne Thore allgemein gewordenen wesentlich überein.

Die Schleusen des Montgomery-Canals, der sich von dem erwähnten Canalsystem in südwestlicher Richtung bis zum See fortsetzt, bestehen die Thore gleichfalls aus eisernen Platten, die nebst den Schlag- und Wendesaulen in einem Stück gegossen sind. Die lichte Weite der Schleusen in den Hauptern beträgt 10 Fuss engl. Die Öffnungen werden hier durch je zwei Thore geschlossen. Die Achsen der beiden Wendesaulen stehen in einer Linie. Die Thore bilden cylindrische Flächen, die, wenn die Thore geschlossen sind, zu einer einzigen verbindenden Fläche desselben Cylinders gehören. Die Pfeilhöhe dieses ganzen Thores beträgt 1 Fuss 4 Zoll, während die Sehne, wie bereits angegeben, 10 Fuss lang ist. Der Krümmungshalbmesser beträgt daher 10 Fuss 4 Zoll. Fig. 313 b auf Taf. XLV zeigt eines dieser Thore in der Ansicht vom Oberwasser, und a dasselbe von oben und im Querschnitt.

Die auffallende Eigenthümlichkeit dieser Thore besteht darin, dass die Verstärkungsrippen, welche die Stelle der Riegel vertreten, wie sonst geschieht, an der dem Unterwasser zugekehrten Seite, sondern auf der entgegengesetzten Seite liegen. Die Thore schließen also mit den, durch keine Riegel unterbrochenen, cylindrischen Flächen an die Schlagschwellen und an die Wendesaulen

an. Diese Anordnung gewährt den Vortheil, dass die Weiche nicht, wie sonst üblich, aus einem halben Cylinder besteht, vielmehr genügt es, wenn sie nur den vierten Theil des Cylinders bilden. Im Durchschnitt Fig. 313a ist die Platte, welche an der Stelle des Bohlenbelages vertritt, stark ausgezogen, und bemerkt, dass sie die Wendesäule ersetzt, indem sie hier in einem Kreise gekrümmt ist. Sie bildet dadurch eine vortretende Fläche an welche die horizontalen Verstärkungsrippen oder die Ränder anschliessen. An der entgegengesetzten Seite befindet sich eine ähnliche, unter spitzem Winkel vortretende Verstärkungsrippe, als Schlagsäule dient, und sich gleichfalls an die horizontalen Rippen oder Riegel anschliesst.

Am untern Ende der erwähnten cylindrischen Fläche ist eine starke Platte angegossen, welche die Pfaune trägt, das obere Ende ergänzt sich dagegen zu einem hohlen Cylinder, und bildet den Hals, um welchen das Thor sich dreht. Der Hals ist an der vom Thore abgekehrten Seite umgebogen und mit vortretendem Rande versehen. An letztern ist mittelst eines gleichen Ranges eine Gusseiserne Drehbaum durch sechs Schrauben befestigt.

Der Drehbaum hat in diesem Fall nicht den Zweck ein Gegengewicht zu bilden, da ein Sacken undenkbar ist, er dient nur zum Oeffnen und Schliessen des Thors. Bei der auf diesen Canälen ziemlich allgemein herrschenden Gewohnheit, die Schleusen nicht fortwährend beaufsichtigt werden, da die Thore nicht selbst die Thore und die Schütze öffnen und schliessen, geschieht es häufig, dass das Schliessen der Thore der Aufsicht überlassen wird, oder dass die Schütze der geschlossenen Thore schon geöffnet werden, während die andern Thore noch offen sind. Letztere schlagen alsdann mit grosser Heftigkeit zu, und das Moment des Drehbaums gross ist, oder wenn er wirklich ein Gegengewicht bildet, so bricht er in diesem Falle ab. Hier ist der Grund, weshalb derselbe hier, wo dieses ohne Nachtheil geschehn konnte, möglichst erleichtert und nur in der Nähe des Thors verstärkt ist.

Um die Thore wasserdicht zu machen, wurden die Thore gegen die Säulen gegen einander und die Wendesäulen gegen die Thore abgerieben. Letzteres geschah in derselben Art wie bereits beschrieben. Man setzte jedes Thor einzeln ein, und

die Wendenische, indem sowohl der untere Zapfen, als Halsband scharf angetrieben wurden. Hierauf wurde un-
 währendem Zugiessen von Wasser das Thor hin- und her-
 wobei theils die gusseiserne Wendesäule, theils aber auch
 Sandstreine der Wendenische sich abschliffen. Sobald das
 ziemlich leicht bewegen liess, wurde der Zapfen und
 Band aufs Neue angetrieben, und diese Operation so lange
 bis die Wendesäule sich der Wendenische genau ange-
 hatte. Demnächst wurde eines der beiden Thore auf ei-
 nung so niedergelegt, dass die Wendesäule unten, und der
 der Schlagsäule horizontal und etwas höher lag. Das
 Thor wurde hierauf mittelst einer geeigneten Befestigung dar-
 und der scharfe Schluss beider Schlagsäulen in gleicher
 nämlich wieder durch gegenseitiges Abschleifen dargestellt.
 Sand war zwischen beide geschüttet, und unter häufigem
 von Wasser bewegte man das eine Thor in seiner Län-
 gung etwa 5 Zoll hin und her, wodurch beide Schlagsäulen
 wurden.

Es musste auch noch dafür gesorgt werden, dass die Thore
 geradrecht an die Schlagschwellen anlehnten. Dieses war in-
 nicht zu erreichen, indem die massiven Drempele durch auf-
 hölzerne Schwellen verkleidet wurden, denen man theils
 Thoren entsprechende Form leicht geben konnte, die theils
 auch unter dem starken Druck der Thore etwas comprimirt
 und sonach von selbst die passende Form annahmen.

Bei uns hat man die Anwendung des Gusseisens zu
 Schleusenthore versucht, und zwar ist dieses im Jahre 1822 auf
 Odermündungs-Canal in Schlesien geschehn, die gewählte An-
 weise weicht indessen von den beschriebnen kleineren Thoren,
 auch mehr von den grösseren Dockthoren wesentlich ab“).

Im Allgemeinen die bei uns übliche Holzconstruction bei-

Die Thore bilden auf der dem Oberwasser zugekehrten
 eine Fläche, ihre Breite beträgt 8 Fuss 8 Zoll. Sie sind mit
 im Abstände von $2\frac{1}{2}$ bis 3 Fuss, und ausserdem mit zwei
 Riegeln versehen. Die Riegel nebst Ober- und Unterrahmen und

Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbflusses in
 1825. Seite 41.

den beiden Mittelstielen sind in einem Stück gegossen. Jeder Theile bildet eine etwa 5 Zoll breite Platte mit 3 Z Verstärkungs-Rippe, die dem Unterwasser zugekehrt ist. Die Wendesäule besteht in einem hohlen Cylinder, der von oben bis zum Vollkreis zum Querschnitt hat, und mit Ausschluss des Halsband ihn umfasst, mit einer Rippe versehen, welche die Enden der Riegel und Rahme angeschoben, und auf gleicher Weise ist die gusseiserne gekröpfte Platte, die als Wendesäule dient, mit letztern verbunden. Ein einfacher Bohlen bildet auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite des Thores die Bekleidung. Die Bohlen sind aber wieder, wie bei hölzernen Thoren schräge gestellt, und mit allen Riegeln und Mittelstielen verbunden, durch Schraubenbolzen verbunden. Dass sie als Widerlager wirken sollten, ist wohl nicht vorauszusetzen, da der gitterförmige Rahmen eine Formveränderung nicht besorgt, man wählte vielmehr diese Stellung nur, um sie vielfach benutzen zu können. Endlich ist an den Kopf der Wendesäule und an denjenigen der Schlagsäule noch ein gusseisernes Verbandsstück festigt, in welches der hölzerne Drehbaum eingeschoben wird.

Zur Darstellung eines wasserdichten Schlusses, und zugleich das Gusseisen vor unmittelbaren Stößen zu schützen, sind starke eichene Bohlen sowohl an die Schlagsäule, als an den Rahmen mittelst Schrauben befestigt, welche, sobald die Thore geschlossen werden, theils sich gegenseitig, und theils die Thore berühren. Eigenthümlich ist das Verfahren zur Sicherung der Wendesäule gegen die Wendenische. In der Wendenische findet sich nämlich an der Stelle, wo der Schluss stattfindet, eine 2 Zoll breite Nuthe, die am Boden noch etwas breiter, und einen schwalbenschwanzförmigen Querschnitt hat. Diese Nuthe ist mit Blei ausgegossen, und zwar so, dass Letzteres noch etwas über die Oberfläche der Säule vorsteht. Bei eintretendem Druck schiebt sich das Blei an die Steine der Wendenische an, und verhindert das Durchdringen des Wassers. Ob hierdurch dauernd der beabsichtigte Zweck erreicht worden, muss dahin gestellt bleiben. Die Thore selbst zeigten sich aber keineswegs besonders dauerhaft, brachen vielmehr, sobald die Schiffe dagegen stiessen, und nur kurze Zeit im Gebrauch gewesen. Vielleicht wurde das

den durch die Spannung des gusseisernen Rahmens befördert, ist bekannt, dass bei sehr ungleichförmiger Vertheilung der in einzelnen Gussstücken, auch die Abkühlung ungleichmässig und daher an den Stellen, wo ein Uebergang aus dem grössern in den kleinern Querschnitt statt findet, wie hier neben den Angeln der Riegel und Stiele, schon beim Erstarren und Erstarren des Eisens starke Spannungen und oft sogar Risse entstehen, die die erste Veranlassung eines spätern Bruches sind.

Von grösserer Wichtigkeit ist die Anwendung des Gusseisens in der Thore von Schleusen geworden, die zum Durchlassen der Seeschiffe bestimmt sind. Nachdem im Jahre 1803 die Ausführung des Caledonischen Canals genehmigt war, zeigte es sich, dass das zu den Schleusenthoren erforderliche Holz in fehlerhaftem Zustande und in den gehörigen Dimensionen nur für überhöhten Preise angeschafft werden konnte. Dieser Umstand bewog Telford, die Haupt-Verbandstücke auch hier aus Gusseisen zu stellen. Später hat man beim Bau von Dockschleusen dasselbe gethan, und Thore von noch grössern Dimensionen aus Eisen angesetzt. Dabei wurde freilich das Bedenken angeregt, dass Gusseisen im Seewasser, wenn auch keiner schnellen, doch doch fortwährenden Veränderung seiner Masse ausgesetzt und endlich in seiner ganzen Stärke den ursprünglichen Zusammenhang verliert. Gusseiserne Kanonen, die etwa hundert Jahre im gesunkenen Schiffe gelegen hatten, waren so weich, dass sie mit einem Federmesser zerschneiden konnte, und hatten den Anschein nach in Graphit verwandelt. Im süsssen Wasser verwittert das Gusseisen weniger, aber als ganz unvergänglich ist nach manchen Erfahrungen auch hier keineswegs anzusehn. Die Entdeckung, dass man ein Metall vor dem Oxydiren schützt, sobald man es mit einem andern Metall in Verbindung bringt, das in höhern Grade electropositiv ist, hat man auch zur Verhütung der eisernen Schleusenthore benutzt. Man hat Zinktafeln angebracht, die von Zeit zu Zeit erneuert werden müssen, indem die Zinktafel oder die Verbindung mit dem Sauerstoff des Wassers an der Oberfläche in ausgedehntem Masse erfolgt. Leslie fand bei seinen Untersuchungen der Thore des Dundee-Docks, wo dieses Mittel angewendet war, dass nach Verlauf von drei Jahren

die Wirksamkeit des Zinks aufhörte, und das Eisen zu rosten anfang *).

Bei dem Gusseisen zeigt sich noch ein andrer Uebelstand, den bereits bei Beschreibung der Thore der Chlodnitzer Canal-schleusen gedacht ist. Derselbe beruht in der grossen Sprödigkeit. Die nicht immer zu vermeidenden Stösse beim Gegenfahren der Schiffe, oder beim Zuschlagen der Thore, namentlich in den Dock-Schleusen, können leicht zerstörende Wirkungen äussern, wenn hölzerne Verbandstücke dabei gleichfalls leiden, so ist doch das Holz zäher, als das Gusseisen. In jenem wird vielleicht ein Theil der Fasern zusammengepresst und geknickt, oder auch wohl zerrissen, während das Verbandstück den Zusammenhang nicht ganz verliert. beim Gusseisen dagegen erfolgt der Bruch sofort vollständig, und der gebrochne Riegel oder die Säule zerfällt in mehrere Stücke. Welchen Gefahren die Schiffe und die Umgebungen der Schleuse alsdann ausgesetzt sein können, bedarf keiner nähern Erörterung.

Obwohl das Gusseisen auch später noch zu grossen Schleusenthoren benutzt worden ist, so hat doch die neuere Schiffsschleusen im Caledonischen Canal, welche vorzugsweise die Umgebungen gegen einen Durchbruch des Loch-Lochy sichern soll, hölzerne Thore erhalten. Die Beschaffung des Eichenholzes verursachte dabei wieder sehr grosse Schwierigkeiten, aber man entschloss sich lieber dazu, schwere Mahagony- und Teakholz - Stämme aus America zu verwenden, als Gusseisen zu wählen **). Dass die Thore vor dem Coburg-Dock in Liverpool aus Holz bestehn, ist bereits erwähnt auch hat das noch später ausgeführte grosse Dock in Liverpool dessen Oeffnung sogar 80 Fuss misst, wieder hölzerne Thore erhalten.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Zweckmässigkeit der Benutzung des Gusseisens zu grossen Schleusenthoren namentlich in Seehäfen, gehe ich zur Beschreibung derselben über und werde mit den von Telford gebauten Thoren in den Schleusen des Caledonischen Canals den Anfang machen.

Die lichte Weite dieser Schleusen misst 38 Fuss 10 Zoll Rhein-

*) *Civil Engineer and Architect's Journal* 1845. pag. 150.

**) *Civil Engineer and Architect's Journal* 1845. pag. 258.

und die Thore sind in der Schne gemessen 21 Fuß lang. Die Pfeilhöhe ihrer Krümmung beschränkt sich nur auf 6 Zoll. Fig. 307 auf Taf XLIII zeigt eines dieser Thore *a* in der Ansicht vom Oberwasser, *b* in der Ansicht vom Unterwasser im horizontalen und *d* im vertikalen Durchschnitt. Letzterer ist noch an zwei verschiedenen Stellen gedacht. Im untern Theile zeigt er die Querschnitte der Riegel und die Vorrichtung zur Unterbrechung des Thors durch die Rolle, oben dagegen stellt er die Wende- und Schlagsäule dar, bevor dieselbe mit den Riegeln verbunden ist. Wende- und Schlagsäule, sowie die Riegel mit Einschluss des obern und untern Rahms sind einzeln gegossen und durch Schraubenbolzen mit einander verbunden. Die Details dieser Verbindung zeigt die Dimensionen von einzelnen der erwähnten Verbindungsstücke Fig. 308 *a* und *b* specieller nach. Die Bekleidung ist aus 2½ zölligen eichenen Bohlen und ist nur einfach.

Die Wende- und Schlagsäule besteht aus einem hohlen Cylinder von 10 Fuß Durchmesser, der jedoch nur oben und unten die ganze Querschnittsfläche darstellt. Vom Oberrahm bis zum Schwellrahm bildet er im Querschnitt nur einen Halbkreis, welcher an der dem Wasser zugekehrten Seite durch eine ebne, daran angegossne Platte geschlossen wird. An letztere werden die auf- und abwärts gehenden Lappen der Riegel mittelst Schraubenbolzen befestigt. Zwischen je zwei Riegeln befindet sich in dieser Platte jedesmal eine Oeffnung, wodurch theils die Eisenmasse etwas vermindert, aber auch das Einsetzen jener Bolzen erleichtert wird, indem man überall in die Säule hineingreifen kann. Die Riegel sind 16 Zoll breit, an der Seite der Bekleidung mit Rändern versehen, die sowohl nach oben, als unten vortreten, und woran die Bohlen mit Schraubenbolzen befestigt sind. An der gegenüberliegenden Seite befindet sich an dem Riegel noch eine niedrige, abwärts gerichtete Verstärkungsrippe. Endlich sind an die Enden der Riegel die bereits erwähnten, nach oben und unten gekehrten Lappen angegossen wodurch die Verbindung mit der Wende- und mit der Schlagsäule dargestellt wird (Fig. 308). Die Schlagsäule besteht nur aus einer Platte mit niedriger Verstärkungsrippe an der Seite. In Fig. 307 *c* ist dieselbe gezeichnet, sowie auch der Querschnitt des mittleren Theils der Wende- und Schlagsäule. Der Oberrahm und der Schwellrahm sind im Wesentlichen den beschriebenen Rie-

geln gleich. Dem erstern fehlen nur die sämtlichen nach oben und dem letztern die nach unten gekehrten Ränder.

Zur Darstellung des wasserdichten Schlusses zwischen den Schlagsäulen der beiden Thore und neben den Schlagschwelle sowohl an die Schlagsäule, als auch an den Schwellrahmenstücke gebolzt, die man in Fig. 307 *c* und *d* und in Fig. 308 bemerkt. Die Bekleidungs-Bohlen sind lothrecht gerichtet und werden durch Schraubenbolzen an die Ränder der Riegel und Rahmen festigt. Zwischen die untern Riegel sind hölzerne Rahmenstützen geschoben, welche mit den auf der andern Seite der Thore befindlichen Schossthürleisten verbunden sind und zur gehörigen Befestigung der letztern dienen. Diese Leisten, sowie die Schwellen selbst und die in den Bohlenbelag eingelassenen Rahmen, an denen die Schütze sich lehnen, bestehn aus Gusseisen, und sind an den Stellen, wo sie sich berühren, sorgfältig geebnet. Die nachstehende Beschreibung derselben, sowie der Rolle, die das Thor bei seiner Befestigung, soll später mitgetheilt werden.

Die eben beschriebene Construction ist im Wesentlichen bei später ausgeführten gusseisernen Thoren beibehalten, wobei manche Abweichungen in einzelnen Theilen dabei vorkommen.

Bei den Thoren des Docks zu Montrose, welche 1827 erbaut wurde, besteht die Bekleidung aus Eisenblech, und es ist eine solche auf jeder Seite des Thors angebracht, oder es sind wasserdicht abgeschlossene Räume zwischen den Riegeln angebracht, die, wenn sie leer sind, das Thor tragen und das Sinken desselben verhindern. Auch die Hauptverbandstücke weichen in der Beziehung von den vorher beschriebenen ab. Einzelne Details derselben sind Fig. 314 auf Taf. XLV dargestellt, *a* ist ein horizontaler Querschnitt durch die Wendesäule, *b* durch die Schwellen, *c* ein vertikaler Durchschnitt nach der Längenrichtung der Schwellen an der Seite der Schlagsäule und *d* ein solcher quer durch die Schwellen gelegt *).

Die lichte Weite dieser Dockschleuse misst 55 Fuss, und der Abstand beider Drehungsachsen in den Wendesäulen beträgt 57 Fuss, und in dem gleichschenkligen Dreieck, welches in der Mitte durch die Seilen der Thorflächen gebildet wird, be-

*) *Civil Engineer and Architect's Journal. Vol. VIII. pag. 15*

10 Fuss, die Pfeilhöhe der Krümmung jeder Thorfläche da-
zu 18 Zoll. Die Thore sind 22 Fuss hoch.

Die Wendesäule ist, wie Fig. 314 *a* zeigt, theils durch eine
cylindrische, und theils durch eine ebne Fläche umschlossen. Er-
streckt sich aber über den halben Cylinder aus. Sie hält
19 Zoll im Durchmesser. In der ebenen Fläche befinden sich
vier Oeffnungen, um das Einsetzen der Bolzen zu erleichtern.
Wandstärke der cylindrischen Fläche misst $1\frac{1}{4}$ Zoll, die der
ebenen $1\frac{1}{2}$ Zoll. Oben und unten ergänzt sich die Wendesäule zum
ganzen Cylinder, und ist auf einer grossen Drehbank abgedreht.
Ihr unteres Ende ist in gleicher Art, wie bei den Thoren des
äolischen Canals (Fig. 308 *b*), die Pfanne eingeschoben, welche
an die Bodenplatte angegossenen Zapfen umfasst. Um die Rie-
gel sicher befestigen zu können, und um zugleich ein mögliches
Verschieben derselben beim Anziehen der Schrauben, oder später zu
verhindern, sind an die ebne Oberfläche der Wendesäule jedesmal
zwei flache kurze Rippen, oder sogenannte Nasen angegossen, auf
welchen der abwärts gekehrte Lappen an jedem Ende eines Rie-
gels aufliegt, wie Fig. 314 *c* und *d* zeigt.

Die Schlagsäule besteht aus einer 18 Zoll breiten und
2 Zoll starken Platte, die an jeder Seite mit einem $1\frac{1}{4}$ Zoll starken
gebogenen Rande versehen ist, wozwischen das Holzstück einge-
fügt ist, welches den eigentlichen Anschlag gegen das andre Thor
bildet. Auch an die Schlagsäule sind jene Nasen angegossen,
welche jeden Riegel unterstützen. Zwischen den Riegeln befinden
sich auch hier, wie in der ebenen Fläche der Wendesäule, Oeffnun-
gen, um die Eisenmasse zu vermindern.

Die Riegel, von denen mit Einschluss des obern und untern
in jedem Thor elf angebracht sind, bestehn aus 2zölligen
Holzstücken, deren Breite in der Mitte des Thors 18, und an den En-
den 16 Zoll misst. An jeder Seite der Riegel sind Rippen ange-
gossen, die theils aufwärts, und theils abwärts gekehrt sind, und
nicht nur zur Verstärkung, als auch zur Befestigung der Bekleidung
des Thors dienen. Die Höhe dieser Rippen beträgt 9 Zoll.
Die dem Oberwasser zugekehrte, oder an der convexen Seite des
Riegels befindliche Rippe ist 2 Zoll stark, die andre dagegen nur
1 Zoll. Die an den Enden der Riegel auf- und abwärts gerich-
ten Lappen sind 2 Zoll stark und zusammen 18 Zoll hoch. Mit

den horizontalen Platten der Riegel sind diese Lappen nicht nur durch die eben erwähnten Rippen zu beiden Seiten verbunden, sondern es dienen hierzu noch besondere Verstärkungen, die auf der Platte zwischen beiden Rippen liegen und sowohl aufwärts als abwärts die Lappen unterstützen. Die untern Lappen liegen an jeder Seite des Riegels auf den Nasen, die sowohl an die Wendesäule, als an die Schlagsäule angegossen sind, und jeder Lappen ist mittelst zwei Schraubenbolzen von $1\frac{1}{2}$ Zoll Stärke an die Säule befestigt.

Die Bekleidung, welche auf beiden Seiten angebracht ist, besteht aus Kesselblechen. Die untere Reihe derselben, etwa 6 Fuß hoch, hat eine Stärke von $\frac{3}{4}$ Zoll, die übrigen dagegen nur von $\frac{1}{4}$ Zoll. Diese Bleche sind sowohl unter sich, als an die Riegel, die Wendesäule und Schlagsäule geniethet. Die Niethen sind im untern Theil des Thors $\frac{3}{4}$ Zoll, oben dagegen nur $\frac{1}{4}$ Zoll stark. Ihr gegenseitiger Abstand beträgt etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll. Um die Wasserdichtigkeit der Bekleidung zu prüfen, wurde das Thor, nachdem es zusammengesetzt war, lothrecht aufgestellt und voll Wasser gegossen.

Um den wasserdichten Schluß der Thore gegen die Wendenischen, die Schlagschwellen und der beiden Schlagsäulen gegen einander zu bilden, wurde zunächst jede Wendesäule, ehe sie mit den Riegeln verbunden war, in die vorher mit möglichster Sorgfalt ausgearbeitete Wendenische gestellt, oben und unten scharf dagegen gekeilt, und unter fortwährendem Zugießen von Wasser und Zuschütten von scharfem Sande hin und her gedreht, bis die Berührung vollständig stattfand. Der untere Riegel oder Schwellrahm ist nur mit den aufwärts gekehrten Rippen und Lappen versehen, er bildet daher an der untern Seite eine ebne Fläche. An letztere ist eine eichene Schwelle von 12 Zoll Höhe befestigt, die in der Mitte 19 und an jedem Ende 17 Zoll breit ist. Die Fuge zwischen ihr und der gußeisernen Platte ist mit Filz gedichtet, und Schraubenbolzen mit versenkten Köpfen pressen Beide fest zusammen. In ähnlicher Weise ist die Schlagsäule zwischen ihren beiderseitigen Rippen mit einem eichnen Balken ausgefüllt, der genau schließend eingetrieben ist, und in die hölzerne Schwelle des Schwellrahms mit einem Zapfen eingreift. Er ist überdies mittelst 1zölliger Bolzen an die Rippen der Schlagsäule befestigt.

Eine Verstrebung fehlt auch diesem Thor. Das Sacken ist

eine Rolle verhindert, auf welcher das Thor ruht. Dadurch, daß man Letzteres auspumpen und sonach den zum Tragen desselben benutzen kann.

Am Thorflügel befindet sich eine Schütz-Oeffnung von 1½ Fuß Höhe und 2 Fuß Breite. Das Schütz selbst besteht aus dem Rahmen und die Leisten, wozwischen es sich bewegt. Die Anwendung eines andern Metalls ist über dem ganzen Thore vermieden. Eine Ausnahme davon bilden die Zinkstreifen, die man vielfach angebracht hat, um den Rost des Eisens vorzubringen.

Die eisernen Thore der trocknen Docks zu Sherness sind so beschaffen, als man sie mit vollständiger Verstrebung versehen. Auf gleicher Weise, wie bei hölzernen Thoren, läuft die Strebe in der Richtung durch das Thor, doch steht sie nicht auf der Wendesäule auf, vielmehr nahe dem Ende des letzteren über dem untern Rahm. Jedes Thor ist 31½ Fuß breit und 12 Fuß hoch. Die Krümmung entspricht einer Pfeilhöhle von 12 Fuß. Die Wende- und Schlagsäule sind in gewöhnlicher Art beschaffen.

Die Riegel, deren mit Einschluss der beiden Rahmenenden sind, bestehen aus Platten von 15 Zoll Breite, die mit 6 Zoll hohen Rippen versehen sind. Drei dieser Rippen sind aufwärts und einer ist abwärts gekehrt. Der untern Riegel hat nur die drei aufwärts gekehrten, der obere aber auch die abwärts gekehrte Rippen. Die beiden untern Riegel liegen übereinander, so daß die Rippen sich berühren. Der obere Riegel vergrößert sich indessen nach und nach, und mißt oben 24 Zoll. Die Strebe, gleichfalls aus einer Platte mit Verstrebung bestehend, ist aus zehn Theilen zusammengesetzt, mittelst angegossener Lappen und Schraubenbolzen an die Riegel befestigt sind. Jedes Thor wird überdies durch eine 2 Fuß hohe Rolle neben der Schlagsäule unterstützt. Diese Rolle befindet sich auf der Ebne des Thors, und trägt dasselbe durch eine starke Stange, die bis zum obern Rahm heraufreicht. Letztere ist auf einer Schraubenmutter an jener Stange befestigt. Die Thore sind auf der äußern Seite mit Holz, auf der dem Dock zugekehrten Seite mit Eisenblech verkleidet. *)

Theory, formation and construction of British and foreign harbours, London 1854. Vol. I. p. 35.

Das Eisenblech wurde schon mehrfach statt des Rohlen gewählt. In neuerer Zeit hat man indessen angefangen auch den Verbandstücken statt des Holzes und Gufseisens, gewalztes Eisen zu verwenden. Namentlich ist dieses vielfach geschehen, seitdem die Hütten Schienen von beliebig geformtem und zum Theil von sehr bedeutendem Querschnitt und zugleich von großer Länge liefern. Die Benutzung solcher zu Thorriegeln hat vergleichsweise mit den gusseisernen den großen Vorzug, daß sie nicht springen sind, und daher beim Gegenstoßen der Schiffe und beim heftigen Zuschlagen der Thore nicht brechen. In Betreff ihrer Beschädigung durch Rost, namentlich beim Zutritt des Seewassers, war man anfangs sehr besorgt, doch haben die bisherigen Erfahrungen ein solches Bedenken nicht bestätigt.

Besondere Schwierigkeit bot anfangs die Darstellung der Wendesäulen aus gewalztem Eisen, vorzugsweise wenn dieselben größere Längen hatten, woher man, wie in der Schleuse vor dem neuen Dock von Bremerhaven, dieses Verbandstück aus Gußeisen darstellte, während die Riegel und die Schlagsäule aus gewalztem Eisen bestanden. Vor die cylindrische Fläche der Wendesäule, auf die dieselbe sich an die Wendenische lehnt, dürfen freilich die Köpfe nicht vortreten, aber bei Anwendung starker Bleche, schon in Bezug auf die Festigkeit gewählt werden müssen, um zu verhindern, daß sich diese Köpfe leicht versenken, oder man konnte statt der Nieten auch Schrauben mit versenkten Köpfen verwenden. Wenn aber auf einer solchen Berührungsfläche die Anbringung eines Stosses nicht vermieden werden kann, so geschieht die Verbindung durch untergelegte andre Bleche. Diese Schwierigkeiten sind gegenwärtig vollständig überwunden, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird, woher die Anwendung des Gufseisens zu Verbandstücken der Thore, wie es scheint, ganz aufgehört hat.

Soviel bekannt, sind die ersten, ganz aus gewalztem Eisen bestehenden Thore, im Jahr 1845 bei der 39sten Schleuse des Rhone-Canals vor dem großen Bassin bei Mühlhausen durch den Ingenieur Detzem entworfen und ausgeführt.

Diese Schleuse ist in den Häuptern 17 Fuß weit, ihr Geraden beträgt 4 Fuß 9 Zoll. Die Thore sind 10 Fuß 4 Zoll breit. Die Höhe der Oberthore mißt $7\frac{1}{2}$ Fuß, die der Unterthore 4 Fuß 4 Zoll.

Wendesäule besteht, wie die beiden horizontalen Durchschnitte derselben Fig. 251 *b* und *d* auf Taf. XXXII zeigen, aus Blechen von 7 Linien Stärke, die so gebogen sind, daß sie bei ihrer Zusammensetzung einen freien Raum von 12 Zoll Länge und 12 Zoll Breite einschließen. Neben ihren äußern Rändern befinden sich auch sie durch Reihen von Nietben mit einander verbunden. Der Abstand derselben von Mitte zu Mitte beträgt $2\frac{1}{2}$ Zoll. Auch diese auch in den übrigen Figuren. Auf der den Riegeln zugekehrten Seite bildet die Wendesäule eine ebne Fläche, die je zwei Riegeln mit Oeffnungen versehen ist, durch welche die verschiedenen Niete und Schraubenbolzen eingesetzt werden.

Die Wendesäulen der Oberthore ließen sich durch ein- oder zweifache Blechlängen darstellen, bei den Unterthoren war dieses jedoch nicht möglich. Bleche von solcher Länge waren freilich zu schwer, es fehlte jedoch an entsprechenden Oefen, worin man sie zum Biegen glühend machen konnte. Die Säulen mußten daher in der Mitte gestossen werden. Zu diesem Zweck wurde ein drittes Blech von gleicher Stärke und passend gebogen hineingeschoben, welches den Stoß auf der innern Seite überdeckte, und so die ersten Bleche, welche die eigentliche Säule bildeten, angestrichen wurde.

Am oberen Ende der so dargestellten Säule schob man einen entsprechend geformten Block von Gußeisen ein, Fig. *a* und *b*. Die Querschnitte desselben misst $4\frac{1}{2}$ Zoll, und in ihn war der schmiedeeiserne Zapfen von 4 Zoll Durchmesser eingegossen. Durch die Schrauben *B* und *B'* ist dieser Klotz, der den Raum scharf begrenzt, befestigt. Ein ähnlicher Klotz, der die Pfanne für den Thorzapfen bildet, ist in das untere Ende der Säule eingesetzt und in gleicher Art befestigt (Figur *c*). Die erwähnten Schrauben *B* und *B'* sind mit versenkten Köpfen versehen, und wurden später sorgfältig abgefeilt, so daß sie die Flächen, welche mit der Wendesäule in Berührung kamen, nicht unter-

brechen mußte erwähnt werden, daß hier keine Versetzung der Drehachse vorkommt. Die Achse des Zapfens ist zugleich auch die cylindrische Fläche der Wendesäule. Die Wendesäule bewegt sich aber, sobald das Thor geschlossen ist, nicht an der Drehachse, vielmehr bleibt zwischen beiden ein freier Raum, der

etwa 1 Zoll weit ist. Die Reibung wird hierdurch freilich vermieden, aber der Druck der sämtlichen Riegel überträgt sich auf die Wendesäule und den obern Zapfen derselben. Der wasserdichte Schluß bildet sich am äußern Rande der Wendenische, indem die Wendesäule bei *B'* sich scharf gegen diesen lehnt.

Die Schlagsäule besteht aus Eichenholz, und wird sowol an der Seite, wo die Riegel dagegen stoßen, als auch nach dem Oberwasser hin durch ein im rechten Winkel gebogenes Blech von 7 Linien Stärke und 1 Fuß Breite umfaßt. An dasselbe ist sowol dieser hölzerne Stiel, wie auch jeder Riegel oder Rahm mittelst Schrauben befestigt.

Die Riegel wie die Rahme, welche den $9\frac{1}{2}$ Fuß weiten Raum zwischen der Wendesäule und Schlagsäule überspannen, sind aus Blechen von $12\frac{1}{2}$ Zoll Breite und 5 Linien Stärke dargestellt, indem man diesen durch zweimaliges Umbiegen einen rinnenförmigen Querschnitt gab, wie Fig. *f* zeigt. An beiden Enden sind sie aber in den Kanten auf 4 Zoll Länge aufgeschnitten. Der mittlere Theil, gleichsam die Sohle der Rinne, ist in gleicher Richtung fortgeführt, und an die Seitenfläche der Wende- wie der Schlagsäule durch zwei Schrauben befestigt (Fig. *d* und *c*). Die beiden andern Lappen sind dagegen rechtwinklig und zwar auswärts umgebogen und jedesmal mit vier Schrauben an die sich gegenüberstehenden Seiten der Wendesäule und der Schlagsäule angeschoben. Fig. *d* zeigt diese Verbindung im horizontalen Querschnitt der Wendesäule, Fig. *c* und *f* dagegen in der Seiten-Ansicht vom Unterwasser und vom Innern des Thors aus gesehen. Die Verbindung des obern Rahms mit der Wendesäule zeigt Fig. *a* und *b* im vertikalen und horizontalen Querschnitt. Der obere Lappen des Rahms ist hier abwärts gebogen. Im untern Riegel oder im Schwellrahm verbreiten sich die Lappen nach oben und unten, doch ist daselbst an den Riegel eine eichene Schwelle gebolzt, die beim Schließen des Thors sich an die Schlagschwelle lehnt (Fig. *c*).

Die Oberthore haben mit Einschluss der beiden Rahme vier, die Unterthore dagegen fünf Riegel. Zur Verstärkung derselben sind noch jedesmal zwei ähnlich geformte Stützen in die Zwischenräume aufrecht gestellt und an sie geniethet. Dieselben bilden also Mittelstiele, und dienen zur Befestigung der eisernen Schützleisten.

der Seite des Oberwassers sind die Felder durch aufgenietete Platten von 1½ Linien Stärke verkleidet. *)

Seitdem sind vielfach Schleusenthore aus gewalztem Eisen zur Anwendung gekommen, und zwar vorzugsweise, wenn es sich um die Darstellung besonders großer Thore handelte, indem die Beschaffung der erforderlichen langen und starken Hölzer oft unüberwindliche Schwierigkeiten bot. In Deutschland war die Dockschleuse zum neuen Dock in Bremerhaven das erste Bauwerk, dessen Thore dieser Art zur Anwendung kamen, wenn freilich dabei die Stützsäulen noch aus kürzeren gusseisernen Cylindern zusammengesetzt wurden, deren Flanschen nach innen vortraten, und hier zusammengeschoben wurden. Die Riegel und Rahme bestehen daraus aus gewalztem Eisen und sind auf beiden Seiten mit Blech verkleidet, wodurch sich dazwischen wasserdichte Räume bilden, die beliebig mit Wasser anfüllen kann, so daß die Thore nahe zusammenrücken, und wenn sie geöffnet sind, nur geringen Druck auf sich ausüben. Die lichte Weite der Schleuse mißt 66½ Fuß, die Fluththore sind nahe 40 Fuß hoch. Letztere sind in der Maschinenfabrik von Wulfsen bei Bremen erbaut, und man hat dadurch besondere Vorkehrungen getroffen, das Rosten des Eisens zu verhindern, oder wenigstens zu mäßigen. An jedem Thore befindet sich nämlich nahe unter dem niedrigsten Wasser ein Kästchen, worin eine dicke Zinkplatte liegt, von welcher aus Zinkstreifen nach verschiedenen Theilen des Thors führen. Die Oxydation erfolgt vorzugsweise in der Zinkplatte statt, und diese kann, so oft zerstört ist, erneuert werden. Welche Erfolge diese Anordnung hat, ist nicht bekannt geworden, doch haben die Thore bis jetzt noch keine auffallenden Beschädigungen gezeigt.

Die Thore in der Eingangsschleuse zum Hafen Geestemünde, welche im Jahr 1861 eingehängt wurden, bestehen ganz aus gewalztem Eisen. Die Schleuse hat zwei Paar Ebenthore, und bildet also eine vollständige Schiffsschleuse, durch welche die Schiffe, so lange der Wasserstand in der Geeste es gestattet, bequem in den Hafen ein- und ausgehen können, in welchem der Wasserstand der Fluth gleich sein wird. Zur Sicherung gegen ungewöhnliche Fluthen ist

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1849 II. p. 177.

aber noch ein drittes Thorpaar angebracht, welches den Eintritt des höchsten Wassers in den Hafen verhindert.

Die lichte Durchfahrtsweite mißt $74\frac{1}{2}$ Fuß. Jedes Thor ist in der Sehne gemessen, von der Wendesäule bis zur Schlagsäule 44 Fuß lang, in der dem Oberwasser zugekehrten Seite bildet es eine cylindrische Fläche, deren Radius 56 Fuß mißt. Die Anordnung ist hier so getroffen, daß beide Thore eines Paares, wenn sie geschlossen sind, an den Schlagsäulen keine vortretende Kante bilden, sondern ohne Unterbrechung ihre cylindrischen Flächen fortsetzen. Die beiden Paare Ebbethore, welche die Kammer begrenzen, sind 237 Fuß von einander entfernt. Ihre Höhe mißt nahe 30 Fuß, während die Fluththore 40 Fuß hoch sind. Die Stärke der Thore mit Einschluss der beiderseitigen Blechbekleidungen mißt in der Mitte $31\frac{1}{2}$ Zoll, neben den Schlag- und Wendesäulen dagegen 25 Zoll.

Die Riegel, welche in Abständen von 3 bis $3\frac{1}{2}$ Fuß von einander entfernt sind, bestehen aus Blechen von 5 bis 7 sechszehnte Zoll, indem sowol die Abstände geringer, wie die Stärken der Bleche bei zunehmender Tiefe größer werden. Um das Durchbiegen der Riegel in vertikaler Richtung zu verhindern, sind an beiden Seiten sowol oben wie unten Eckeisen dagegen geniethet, und andre Niete, welche durch die Blechbekleidungen hindurchgreifen, verbinden die vertikalen Flächen der Eckeisen mit auswärts angebrachten Schienen.

Zwischen die Riegel sind jedesmal in nahe gleichen Abständen noch je drei Bleche gestellt, die also drei Mittelstiele bilden. Sie sind durch Eckeisen mit den Riegeln und eben so auch mit auswärts angebrachten Laschen verniethet. Die Bleche, welche die äußere Verkleidung bilden, sind unten $\frac{1}{2}$ Zoll, oben $\frac{3}{4}$ Zoll stark. Sie sind ungefähr 9 Fuß lang und so breit, daß sie von einem Riegel bis zum nächsten greifen.

Die sämtlichen Riegel sind an beiden Enden mit aufrecht stehenden starken Blechen verbunden. An diese schließt sich die Wendesäule an, deren Querschnitt nahe einen Halbkreis von etwa 16 Zoll Radius bildet. Der Umfang derselben besteht aus $\frac{1}{2}$ zölligen, passend gebogenen Platten, und zu ihrer Sicherung sind T-Eisen eingelegt, die in gleicher Weise gebogen sind. Eine am oberen Ende gegen Eckeisen geniethete 3 Fuß lange und 2 Zoll starke

platte trägt in einem aufgeschrobenen Ringe den obern Stahlzapfen von 8 Zoll Durchmesser. Unten dagegen ist ein Block aus Eisen mit der Pfanne für den untern Zapfen eingesetzt.

Die Schlagsäule besteht aus Eichenholz und an den untern Enden oder den Schwellrahmen ist eine starke eichene Bohle befestigt, welche gegen die Schlagschwelle lehnt.

Die Wendesäule berührt bei geschlossenem Thore die Wendeschwelle. Beim Öffnen entfernt sie sich jedoch davon, indem die Schlagsäule um 1 Zoll versetzt ist. Obwohl hierdurch schon ein ziemlich dichter Schluss veranlasst wurde, so ist dennoch in der ausgespringenden Ecke zwischen der Wendesäule und den Riegeln ein eiserner Stiel befestigt, der sich gegen den äussern Rand der Wendeschwelle lehnt *).

Ähnliche Schleusenthore waren schon etwas früher in den Niederlanden und zwar gleichfalls in grossen Dimensionen zur Ausfuhr gekommen **). Besonders wichtig sind diejenigen, die beim Bau der Schleuse Wilhelm III an der Mündung des Nord-Deutschen Canals in das Y in den Jahren 1861 bis 1865 unter Leitung des verstorbenen General-Inspectors des Wasserraates zur Ausführung kamen.

Es ist nöthig über diese Schleuse noch einige Bemerkungen zu machen. Die Local-Verhältnisse habe ich früher im Allgemeinen bezeichnet ***). Bei Erbauung des Canals wurde die Mündung desselben, und mit dieser die erste Schleuse auf der Spitze einer niedrigen, weit in das Y vortretenden Halbinsel erbaut. Letztere wurde zwar an beiden Seiten bis zur Schleuse durch Deiche geschützt, da man indessen die neuen Deiche nicht für hinreichend hielt, so wurde zum Schutz des überaus fruchtbaren und unter gewöhnlichen Fluthhöhe belegenen Binnenlandes an der Mündung des Canals den alten Banndeich durchschnitten, in der Nähe Bokstoot, noch eine Schleuse mit zwei Thorpaaren erbaut. Diese dient nicht wie andre Schiffschleusen zur Ueberführung

* Die nähere Beschreibung dieser Thore verbunden mit der speciellen Beschreibung der nöthigen Eisenstärken hat der Ober-Maschinenmeister Welck in der Zeitschrift des Hannoverschen Architekten- und Ingenieur Vereins Bd. 1865 Seite 226 mitgetheilt.

** In demselben Bande der Hannoverschen Zeitschrift. Seite 492.

*** Beschreibung neuerer Wasserbauwerke 1826. Seite 62.

der Schiffe aus einem niedrigeren in ein höheres Niveau oder gekehrt, vielmehr sollten diese Thore unter gewöhnlichen Umständen geöffnet bleiben und nur bei sehr hohen Wasser des Y oder bei heftigen Stürmen, wenn ein Durchbruch der Deiche besorgt wird, geschlossen werden. Man wollte also beide Thorpaare benutzen, um im Falle eines solchen Ereignisses den Wasserdruck zu vertheilen. Jene erste Anlage bestand aus neben einander befindlichen Schleusen. Die eine derselben, die Wilhelms-Schleuse, für den Durchgang der grössten Schiffe bestimmt, war zwischen Thore 50 Fuss weit, und 200 Fuss in der Länge. Daneben befand sich eine kleinere von 19 Fuss Weite und 70 Fuss Länge.

Die Wilhelms-Schleuse war im Lauf der Zeit so schadhaft worden, dass sie nicht mehr die nöthige Sicherheit bot, da die Schifffahrt nicht unterbrochen werden durfte, so baute man neben eine dritte und zwar noch grössere Schleuse, die nach Wilhelm III genannt, deren Dimensionen den grössten jetzt kommenden Schiffen entsprach. Eine Aenderung der früheren Anordnung war auch zulässig, indem jene Sicherheits-Schleuse mit einem Banndeich aufgegeben werden durfte, insofern der neue Deich in der Zwischenzeit sich gehörig befestigt hatte. Nichts desto weniger durfte die Sicherstellung der dahinter belegenen Marschen ausser Acht gelassen werden, und man versah daher die Schleuse in der Mitte ihrer Kammer noch mit einem dritten Fluththore, das beim Eintritt der Gefahr geschlossen werden sollte, um einen Theil des Wasserdrucks aufnehmen sollte.

Das Wasser steigt bei ungewöhnlichen Sturmfluthen bis über die mittlere Fluthhöhe bei Amsterdam, welche in der That der Normalhorizont ist, und mit *AP* (Amsterdamer Pegel) bezeichnet wird. Dagegen ist der Wasserstand des Y in den höchsten Fällen bis 8 Fuss $1\frac{1}{2}$ Zoll unter *AP* herabgesunken. Der Fluthwechsel beträgt dagegen noch keinen vollen Fuss. Der Wasserstand in den umschliessenden Marschen Nordhollands ist auf $3\frac{1}{2}$ Fuss unter *AP* künstlich gesenkt. Um die Schifffahrt zu sichern, musste daher die Kammer an beiden Eingängen sowohl Fluth- als Ebbehore erhalten. Indem Schiffe von 9 Zoll Tiefgang die Schleuse passiren sollten, so wurden die Schwellen auf 23 Fuss 3 Zoll unter *AP* gesenkt, die äusseren

9½ Fuss darüber aufgeführt. Ihre Höhe misst demnach die der Thore im Unterhaupte 27 Fuss 8 Zoll. Die lichte Weite der Schleusenhäuptern beträgt 58 Fuss, und die ganze Weite der Kammer von Thor zu Thor 350 Fuss. Das dazwischen liegende Haupt, welches nur mit Fluththoren versehen ist, ist von Oberthoren 143 Fuss und von den Unterthoren 207 Fuss

Fluth- wie die Ebbethore in beiden äussern Häuptern sind verblechen, aus Eckeisen und aus T-Eisen zusammengesetzt, und die Mittelthore aus creosotirtem Eichenholz bestehen. Jeder Flügel ist 32 Fuss 8 Zoll lang. Fig. 252 auf Taf. XXXII zeigt einen solchen, und zwar ein Oberthor. *a* ist die Ansicht über Wasser aus gesehen, *b* der verticale und *c* der horizontale Durchschnitt. Aus letzterm ersieht man, dass das Thor in der Mitte schwach gewölbt ist, während seine innere, oder dem Unterwasser zugekehrte Seite eine ebene Fläche bildet. Die seitlichen Bekleidungsbleche sind neben der Schlag- und Wendensäule 23 Zoll und in der Mitte des Thors 30½ Zoll von einander entfernt.

Die Fluththore haben mit Einschluss des Schwellrahms 13 Riegel. Statt des obern Rahms sind 2 halbe Riegel angebracht, die von der Wendensäule bis zur Mitte des Thors erstrecken, und wie die darunter befindlichen, aus einfachen Blechen bestehen. Es liegen im obern vier und im folgenden zwei solcher Bleche an. Sie dienen nur zur sichern Befestigung der Drehungs- und der Riegel. Die Anzahl der Riegel in den Unterthoren ist um zwei

weniger. Die Riegel, deren Abstände von einander mit Ausschluss der halben Riegel nahe gleich gross sind, bestehen aus Blechen, deren Stärke von unten nach oben von 5 auf 4 Linien abnimmt. Wie Fig. 1 im vertikalen Durchschnitt zeigt, unten und oben durch Eckeisen mit den Blechverkleidungen wasserdicht zugenietet, so dass zwischen je zweien derselben abgeschlossene Kammern sich bilden. Die Bleche der Bekleidung, die sämmtlich 3½ bis 5 Linien stark sind, liegen in den Stössen der Riegelplatten berühren sie sich ohne sich zu überdecken, indem so wie unten zwischen den Eckeisen, wie Fig. *m* und *n* zeigt, Zwischenstücke eingelegt und mit einander vernietet sind. Die

Bleche der Bekleidung überdecken sich dagegen und bei der zusammentreffenden Platten sind an die Eckeisen gen

Jede Wendesäule besteht aus starken, nach der cylindrischen Fläche gekrümmten Blechen, die in den Stössen sich gegenseitig überdecken und an gebogene T-Eisen genietet sind, doch sind die Niete in die äussere Fläche versenkt. Auf diese Art wird die cylindrische Fläche nicht zusammenhängend dargestellt, wie Fig. 6 zeigt, sie tritt vielmehr abwechselnd um die Blechstärke. Hiernach ist die Berührung mit der Wendenische bei geschlossenen Thoren unterbrochen, und deshalb musste noch nach Fig. 7 eine hölzerne Bohle angebracht werden, welche sich gegen die innere Wendenische lehnt. Diese Bohle greift mit einem Zapfen in diejenige ein, welche an den Schwellrahm gebolzt ist, und gegen die Schlagschwelle lehnt (Fig. i und k).

Die Drehungsachse des Thors ist gegen die Achse der inneren cylindrischen Fläche sehr stark versetzt, wie man aus Fig. 8 sieht. Das geschlossene Thor berührt aber mit den äusseren Blechen die innere Wendenische und überträgt auf diese den Druck. Der obere Zapfen ist mit einer 7 Fuss langen, grossentheils konisch geformten Achse verbunden, welche durch die oberen Riegel hindurch geht und unter dem fünften noch durch einen keilförmigen Splint festgehalten wird. Fig. 9 zeigt den Zapfen mit dem oberen Theile der Spindel. Der untere Zapfen ist in einen eisernen Block eingesetzt, der in der Komplatte (§. 65) liegt. In die Wendesäule ist eine gusseiserne Pfanne eingesetzt, Fig. d und e, deren aufwärts gerichteten Boden den Zapfen aber nicht unmittelbar berührt, vielmehr auf diesem zunächst eine starke Scheibe von Bronze, um die Reibung möglichst zu vermindern, und über dieser befindet sich eine Ausfütterung von sehr festem Holz als elastische Zwischenlage.

Die Schlagsäule wird gleichfalls durch die gebogenen Blechen gebildet, wie Fig. o zeigt, und es ist daran ein eiserner Stiel gebolzt, der in Verbindung mit demjenigen des Thors den wasserdichten Schluss bildet *).

Es ist bereits erwähnt worden, dass in diesen Thoren die Räume zwischen den einzelnen Riegeln durch die Bekleidung

*) Die vorstehende Beschreibung ist entnommen aus der *Tijdschrift van het koninklijk Instituut van Ingenieurs*. Jahrgang 1870—1871 pag. 10.

erhebt umschlossen wurden, wenn sie daher sämmtlich mit Wasser gefüllt, wären, so würde das Thor aufschwimmen, dessen Einwirkung sich aus Fig. 2 ergibt. AP bezeichnet nämlich die mittlere Wassertiefe im Y und BW den Binnen-Wasserstand. Durch die neben der Wendesäule befindliche kleine und verschliessbare Oefnung kann man in diese Räume Wasser einlassen. Gewöhnlich sind nur die drei untern Räume gefüllt, in welchem Fall das Thor nur einen mässigen Druck auf den untern Zapfen ausübt. Beim Einlassen des Wassers musste aber noch für das Entweichen der Luft gesorgt werden, und hierzu dienen Röhren im Innern des Thors. Das Wasser tritt indessen trübe in das Thor und es bilden sich daher darin Schlammniederschläge, welche von Zeit zu Zeit beseitigt werden müssen. Daher war es noch nöthig, Druckpumpen im Innern anzubringen, um das Wasser zu entfernen. Dieses fliesst durch die neben der Schlagsäule angedeutete Oefnung aus. Ausserdem befindet sich zu diesem Zweck in jedem Thor ein Mannloch durch welches die Leute behufs der Reinigung des Schwellrahms herabsteigen können. Die Mannlöcher werden nach der Reinigung durch aufgelegte passende Platten verdeckt und mittelst Schrauben luftdicht geschlossen.

Bei dem noch in der Ausführung begriffnen Canal, welcher das Wasser zu legende Y durchneiden und in westlicher Richtung eine unmittelbare Verbindung zwischen Amsterdam und der Nordsee darstellen soll, erhalten die Seeschleusen in der Nähe von Velsen gleichfalls Thore aus gewalztem Eisen. Die Hauptschleuse ist 57 Fuss 3 Zoll weit geöffnet. Bei den Thoren derselben ist eine eigenthümliche Anordnung getroffen, dass die Wendesäule nicht unmittelbar zur Darstellung des wasserdichten Verschlusses mit Wasser verkleidet ist, wie bei der Schleuse Wilhelm III, sondern dass ausserdem noch eine hölzerne Säule im Rücken der Wendesäule vorhanden ist, die bei geschlossnen Thoren den Druck unmittelbar auf die Wendenische überträgt *).

In den zuletzt beschriebnen Schleusenthoren ist der wasserdichte Abschluss derselben gegen die Wendenischen durch eine an der Thor geboltzte Bohle vermittelt. Die regelmässige Abrundung der Wendesäule nach der cylindrischen Fläche, die keinen andern

* Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1872. Seite 383

Zweck hat, als das Durchdringen den Wassers zu verhindern, war daher entbehrlich. Die ganze Wendesäule darf sogar bei dieser Anordnung fortfallen, und es genügt, aus dem obern und untern Rahm starke Platten mit den Zapfen vortreten zu lassen, um welche das Thor sich dreht. Alsdann muss indessen noch in anderer Weise die zweite Bedingung erfüllt werden, dass nämlich die Riegel, während die Thore geschlossen sind, sich fest gegen die Wendenische lehnen, und dadurch gegen den Druck in ihrer Längenrichtung gesichert werden, den das Wasser auf sie ausübt. Dieses geschieht am einfachsten, wenn man die Riegel rückwärts verlängert, so dass sie beim Schliessen der Thore die Wendenische berühren.

Eine Anordnung dieser Art wurde, soviel bekannt, zuerst im Jahr 1863 vom Ingenieur Malézieux bei der Schleuse von Cherenton getroffen *), welche den Canal St. Maurice, der vom Canal St. Maur abgeht, mit der Seine verbindet. Hiernächst sind verschiedene andre Schleusen in Frankreich, und zwar bis zur lichten Weite von 38 Fuss mit ähnlichen Thoren versehen. Doch hielt man es für entbehrlich, jeden einzelnen Riegel mit der Wendenische in Verbindung zu setzen, vielmehr geschah dieses in den Unterthoren der Schleuse bei Charenton nur zweimal bei zehn Riegeln. Auch bei uns hat diese Constructions-Art Eingang gefunden. Die Schleusenthore des Ihle-Canals **) sind auf den Vorschlag und unter Leitung des damaligen Wasser-Bauinspector Ludwig Hagen in solcher Weise ausgeführt. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf diese Thore.

Die lichte Weite der drei Schleusen misst 25½ Fuss. Die Niveaudifferenzen, welche zu Zeiten neben den Thoren sich bilden, sind sehr verschieden. Am grössten sind sie an den Oberthoren der Niegripper Schleuse, zur Zeit der höchsten Anschwellung der Elbe, bei den auf Taf. XLVI dargestellten Unterthoren der Ihleburger und Bergzower Schleuse misst sie im Maximum nur 8 Fuss 3 Zoll. Hiernach sind die hier angegebenen Stärken der Verbandstücke und Bleche berechnet. Es ist dabei jedoch die Einfachheit

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1865. I pag. 189.

**) Die Fundirung derselben Schleusen ist im ersten Theil dieses Handbuchs § 47 beschrieben.

Construction in sofern berücksichtigt, als bei dem ganzen Thor nur Schienen von gleichem Profil verwendet wurden. Demselben Grunde ist auch von der Krümmung der Riegel Rahmen abgesehen, wodurch die Kosten der Anfertigung sich gesteigert hätten, als an Material gespart wäre.

Fig. *a* zeigt das Thor vom Unterwasser aus gesehen, *b* dasselbe von der Rückseite oder die Ansicht der Wendesäule, und zwar das Thor in der Thornische liegt. *c* ist ein vertikaler Durchschnitt des gegen die Schlagschwelle sich lehnenen Thors und *d* ein horizontaler Querschnitt bei gleicher Stellung.

Die Haupt-Verbandstücke des Thor sind sogenannte I oder Doppel-Schienen, deren Profil Fig. *e* zeigt. Die ganze Breite derselben ist 12,2 Zoll, die Breite der äussern Ränder 5,2 und die Stärke derselben durchschnittlich 0,7 Zoll. Die Stärke des mittleren Steges der 10,8 Zoll breit ist, einen halben Zoll. Aus diesen Schienen, die durch Eckeisen verbunden sind, ist ein nahe quadratischer Rahmen gebildet, der das ganze Thor umgiebt. Aus denselben Schienen bestehen auch die Riegel, die in gleicher Weise sich an aufrecht stehenden Theile des Rahmens anschliessen, wie Fig. *a*, *k* und *o* zeigt. Diese aufrecht stehenden Schienen sind in der Verbindung mit den Riegeln nicht eingeschnitten, sondern setzen sich in vollen Profilen fort, wogegen von den Riegeln, wenn es nöthig, die beiderseitigen Ränder entfernt sind, um die mittelbare Berührung der Stege zu ermöglichen (Fig. *k*). In den Ecken des Rahmens, sind dagegen die Schienen in der Schmiege unter halben rechten Winkel abgeschnitten (Fig. *g* und *h*).

Um das Versacken der Thore zu verhindern, ist eine eiserne Stange von $1\frac{1}{2}$ Zoll Stärke in diagonaler Richtung durch die mittleren Riegel hindurchgezogen, die so oft es nöthig sein sollte, durch Anziehen der Schrauben an ihren beiden Enden verkürzt werden kann. Diese Stange lehnt sich sowol oben wie unten gegen Eisenplatten.

Der obere Thorzapfen und eben so auch die Pfanne des unteren Zapfens sind mit besondern Platten verbunden, welche an den oberen und untern Rahm geschroben sind. Die obere Platte in ihrer Verbindung mit dem Thor ist Fig. *f* und *g* dargestellt, Fig. *i* zeigt dieselbe dagegen in der Ansicht von hinten. Sie besteht aus Schmiedeeisen, und wenn es auch Absicht war, ihren abwärts gekehrten

Schenkel so lang zu machen, dass derselbe durch vier Schrauben unmittelbar mit der aufrecht stehenden Schiene verbunden werden konnte, so musste doch hiervon abgesehen werden, weil das Anschmieden dieses Stücks schon in der schliesslich gewählten und Fig. *g* gezeichneten Form grosse Schwierigkeiten bot. Die Platte ist $1\frac{1}{2}$ Zoll stark, $24\frac{1}{2}$ Zoll lang und 11 Zoll breit, so dass sie den Raum zwischen den vortretenden Rändern der obern Schiene füllt. An ihr befindet sich zunächst der 5 Zoll hohe und im cylindrischen Theile 4 Zoll starke Zapfen, sodann der schräge konische Ansatz, durch welchen die Zugstange hindurch gezogen ist, und endlich der bereits erwähnte herabreichende Schenkel. Diese ganze Zusammensetzung musste aus einem Stück geschmiedet werden, während der Zapfen abgedreht und der vortretende Theil der Platte sorgfältig nach der Schablone geformt wurde.

Die an die untere Schiene geschrobene Platte, welche die Pfanne für den untern Zapfen enthält, besteht eben so wie dieser Zapfen aus Gufseisen. Sie ist im Ganzen 20 Zoll lang, und ihre Stärke misst 2 Zoll. Fig. *k* zeigt sie in ihrer Verbindung mit dem Thor, Fig. *n* in der Ansicht von unten und Fig. *m* von der Rückseite.

Die gusseiserne Platte, aus welcher der an sie angegossene untere Zapfen vortritt, ist achteckig pyramidal gestaltet und in ein Werkstück eingelassen.

Die an den obern, wie an den untern Rahm befestigten Platten setzen sich rückwärts so weit fort, dass sie, sobald das Thor geschlossen wird, unmittelbar die Wendenische berühren. Auch bei den zwischenliegenden Riegeln war dieses nothwendig, weil sonst in Folge des Wasserdrucks die Schiene, welche die Stelle der Wendensäule vertritt, durchbiegen würde. Zu diesem Zweck ist an diese Schiene in der Richtung jedes Riegels noch eine gusseiserne Platte von gleicher Form, wie die obere und untere aufgeschoben, die gleichfalls beim Schliessen des Thors sich an die Wendenische lehnt. Fig. *h* zeigt eine solche Platte mit den Verstärkungsrippen in der Verbindung mit dem Thor.

Aus Fig. *d* ergiebt sich, wie bei geschlossenem Thor der Ansatz in der Verlängerung eines Riegels unmittelbar die Wendenische berührt und sich dagegen stützt. In Fig. *f* ist dagegen ein Theil des in die Thornische zurückgeschlagenen Thors gezeichnet, und

liegt, wie die Platte in dieser Stellung ganz frei liegt, also Reibung veranlasst. Diese Figur, so wie auch *n* zeigen, daß Platten durch keine zusammenhängenden Kreislinien begrenzt sind, dieses geschieht vielmehr durch je zwei Kreis-Linien von gleicher Krümmung und die Drehungsachse ist so gewählt, daß die Berührung nur beim Schluss des Thors erfolgt.

Diese Berührung findet aber keineswegs, wie sonst geschieht, in ganzen Ausdehnung einer Wendesäule statt, sondern nur in geringer Stärke der einzelnen Platten, und es war daher zu zeigen, dass die Werkstücke, welche die Wendenische bilden, diesen Stellen stark ausgeschliffen werden möchten, wodurch horizontale Druck wieder auf den obern Zapfen übertragen wird. Es sind deshalb noch gusseiserne, rückwärts mit Vertiefungsrippen versehene Platten in die betreffenden Werkstücke der Wendenische eingelassen und jedesmal mit vier darin vergossenen Schraubenbolzen befestigt, wie in den Figuren *h* und *i* ersichtlich.

Auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite sind die Thore Blech verkleidet. Die Riegel sind so vertheilt, dass für diese die Stärke von 4 Linien genügt. Die Bleche sind an sämtliche Ränder der Schienen wasserdicht angenietet, und zwischen den Riegeln in den Stößen in gleicher Weise unter sich verbunden. Um den Hauptverbandstücken des Thors eine noch innere Verbindung zu geben, sind ausserdem auch auf der Seite des Oberwassers sowol an der Wendesäule, wie an der Schlagsäule 1 Fuß breite Blechstreifen von derselben Stärke an die Ränder der vertikalen und horizontalen Riegel genietet, und an den liegenden Seiten durch schwache Eckeisen verstärkt, wie *a*, *d*, *f* und *p* zeigen.

Durch die bisher beschriebenen Eisen-Verbindungen ist der nöthige wasserdichte Schluss noch keineswegs dargestellt, noch bleiben bei geschlossenen Thoren an beiden Seiten, wie unten weit geöffnete Fugen. Um diese zu schliessen ist zuerst in der Nähe der Drehungs-Achse eine 7 Zoll breite und 1 Zoll starke eichene Bohle an die Ränder der aufrecht stehenden Platte geschraubt, die beim Schliessen des Thors sich gegen den liegenden Theil der Wendenische lehnt (Fig. *f*). An der entgegengesetzten Seite bildet eine starke Säule aus Eichenholz die

eigentliche Schlagsäule (Fig. *p*) und endlich ist noch eine eiserne Bohle gegen die untere Schiene gebolzt, die sich an die Schwellen lehnt, wie in Fig. *c*, auch in *o* und *p* zu sehn.

Die Anordnung der Laufbrücke, die auf zwei Eisenstäben ruht, ergibt sich aus der Figur. Von dem Halsbände, das den Zapfen hält, wie auch von den hier angebrachten Schützen und der Vorrichtung zum Ziehn derselben wird im folgenden die Rede sein.

Die früher beschriebenen grössern eisernen Schleusen werden zum Theil vom Wasser getragen, indem sie abgeschlossene Kasten bilden, welche man ganz auspumpen, oder beliebig mit Wasser füllen kann, um ihnen das nöthige Gewicht zu geben. Sie bilden sonach den Uebergang zu einer andern Art des Verschlusses grosser Oeffnungen, nämlich zu den sogenannten Ponton-Thoren. Indem diese aber sehr mühsam zu handhaben sind, so kommen sie bei eigentlichen Schiffsschleusen nicht vor, vielmehr nur bei Trockendocks, die zur Reparatur und zum Neubau von Seeschiffen dienen. Ihre Beschreibung wird daher gesondert bei Behandlung der Seehäfen gegeben. Hier mag nur erwähnt werden, dass sie beim Ein- und Ausbringen vor die Mündungen der Bassins frei, wie Schiffe, schwimmen, und man sie durch Einlassen von Wasser versenkt, sobald sie den Verschluss darstellen sollen. Bei dem von Brunel erbauten Dock in Bristol dreht sich indessen ein solches Ponton, wie ein Schleusenthor, welches die ganze Oeffnung umfasst, um eine lothrechte eiserne Achse. Fig. 315 auf Taf. XLV zeigt dasselbe, *a* in der Ansicht von oben, *b* in der dem Oberwasser zugekehrten Seite und *c* im vertikalen Durchschnitt durch seine Mittellinie. Die durch dasselbe geschlossene Oeffnung ist 52 Fuss weit und 28 Fuss hoch.

Dieses Ponton besteht ganz aus Eisen, es ist wie ein eiserne Schiff zusammengesetzt und bildet im obern Theil einen horizontalen Bogen, so dass es wie ein Gewölbe den Wasserdruck auf die Mauern des Docks überträgt. Durch seine ganze Länge sind zwei horizontale Mittel-Böden, gleichfalls aus Blech bestehend, gezogen. Sie theilen das Thor seiner Höhe nach in drei abgeschlossene Räume. Der untere steht durch einige Seiten-Oeffnungen fortwährend mit dem Vor-Hafen in Verbindung. Sobald in letzterem die Fluth bis zur Höhe des untern Bodens steigt, so füllt sich der untere Raum ganz mit Wasser, wodurch die Stabilität des Pon-

vergrössert wird. Der mittlere Raum ist stets frei von Wasser. Durch denselben führen zwei Blechröhren von quadratischem Querschnitt hindurch, die an den Seiten durch Schütze abgeschlossen werden können. Durch dieselben wird das Dock unter Wasser gesetzt. Der obere Raum endlich wird mit Wasser angefüllt, dass das Thor, wenn es keinen Widerstand erfährt, nur mit einem geringen Gewicht die unter ihm verlaufenden Rollen belastet. Soll es dagegen die Mündung des Dockes abschliessen und selbst bei hohen Fluthen nicht aufschwimmen lässt man auch den obern Raum voll Wasser laufen.

Die Drehung erfolgt, wie bereits erwähnt, um eine an der Mündung befindliche eiserne Achse, welche sowohl oben wie unten das Thor greift. Letzteres ruht auf zwei grossen Rädern, welche auf kreisförmigen Bahnen laufen. Beim Oeffnen tritt das Thor in die an der Mündung befindliche Nische. Wenn es geschlossen wird, stützt es sich mit dem Kiel gegen eine Schwelle und mit beiden Enden gegen vertikale Vorsprünge der Mauer. Der wasserdichte Rahmen wird durch aufgeholzte Mahagony-Planken dargestellt.

Die Anwendung dieses Thors im Gebrauch sich besonders bequem erwiesen zu haben ist nicht bekannt, doch hat es keine weitere Nachahmung gefunden. Vielmehr hat man auch später die Ponton-Thore stets so eingerichtet, dass sie sich nicht um feste Achsen drehn, sondern auf Schwimmern bewegen.

§. 69.

Befestigung der Schleusenthore.

Die Achsen, um welche die Schleusenthore sich drehn, werden gebildet durch zwei lothrecht über einander stehende cylindrische Zapfen, von denen einer über, der andre unter der Wende des Thors befindet. Der obere wird von einem Halsbände umfasst, und der untere in einer Pfanne ruht. Der letztere trägt das Thor während der erstere nur die Stellung desselben sichert und zugleich dem Horizontaldruck, den das Wasser auf das Thor ausübt, Widerstand leisten muss. Solchem Druck ist der untere Rahmen nicht ausgesetzt, da der untere Rahm des Thors sich un-

mittelbar gegen die Schlagschwelle lehnt, und hierdurch das Gewicht schon vollständig dargestellt wird. Wie sehr es nöthig ist auch den obern Zapfen von diesem Druck zu entlasten, so ist es für zu sorgen, dass die Wendesäule bei geschlossenem Thore der Länge, oder wenigstens an den Stellen, wo die Riege eingreifen, sich gegen die Wendenische lehnt, ist bereits nachgesagt, hier soll nur von den Zapfen, Halsbändern und Pfannen Rede sein.

Was den untern Zapfen betrifft, so pflegte man denselben in früherer Zeit eben so wie den obern in die Wendesäule einzusetzen und ihn aus dieser abwärts gekehrt heraustreten lassen. Er wurde alsdann in die Pfanne gestellt, die, wie erwähnt, in ein Werkstück des Thorkammerbodens oder hölzernes Verbandstück eingelassen war. Von dieser Art ging man indessen im Anfange dieses Jahrhunderts sowohl in England, wie in Frankreich (bei den Schleusen des Rochdale- und des Canals von St. Quintin) ab, indem man bemerkte, dass die mit der Oeffnung nach oben gekehrten Pfannen leicht den mitreibenden Sand aufnahmen, und alsdann nicht nur die Pfanne sehr verstärkt, sondern auch der Zapfen in nachtheiliger Weise gegriffen wurde. Es muss erwähnt werden, dass Minard die Erfahrung in Abrede stellt, und beim Ausheben der Thore in solchen Pfannen Sand gefunden haben will, auch war zur neuesten Zeit sowohl in Frankreich, wie in den Niederlanden grössere und kleinere Schleusenthore nicht selten noch der früheren Art aufgestellt.

Nichts desto weniger fand die neuere Methode doch Eingang und namentlich in England und Deutschland allgemein. Nach derselben wird die Pfanne in verkehrter Richtung, d. h. der Art, dass die Oeffnung abwärts liegt, in den Fuss der Wendesäule eingelassen, während der darin eingreifende Zapfen gerichtet aus dem Schleusenboden vortritt. Es ist nicht zu bezweifeln, dass in diesem Fall das Eintreten des Sandes in die Pfanne mehr zu besorgen ist.

Was das Material der Pfanne wie des untern Zapfens betrifft, so hat man sich mehrfach bemüht, dieses so zu wählen, dass die Reibung zwischen beiden möglichst geringe wird. Eytwein empfiehlt in dieser Beziehung die Pfanne aus Glockenmetall.

Kissen darzustellen. Die zwischen beiden eintretende wird freilich durch das ganze Gewicht des Thors veranlaßt, dasselbe nicht durch das verdrängte Wasser sich vermindern; desto weniger bleibt diese Reibung bei der geringen Länge des Zapfens wohl immer sehr geringe, da überdiess die Reibungsflächen sich bald spiegelglatt abschleifen, während der Thors jederzeit als Schmiere hinzutritt. Sonach erscheint die Verwendung von Glockenmetall nicht besonders dringend. Die Reibung verstärkt sich aber wesentlich, sobald die Pfanne oder der Zapfen sich schräge stellt, wodurch ein starkes Klemmen zwischen beiden eintritt, auch leicht die Befestigung sich löst und weitere Beschädigungen zu besorgen sind.

Es muss noch bemerkt werden, dass man andererseits auch eine Erfahrung aufgestellt hat, die Pfanne, wie der Zapfen müssten aus demselben Material bestehn, weil sonst eine electricische Strömung bildet, welche starke Oxydation veranlaßt. Die Erfahrung scheint solche Besorgniss nicht gerade zu bestätigen, und in neuerer Zeit ziemlich allgemein gusseisene Pfannen und eiserne oder stählerne Zapfen angewendet.

Es ist aber wichtig ist es, die Pfanne und den Zapfen so sicher zu befestigen, dass sie ihre Lage nicht ändern können. Man darf daher nicht damit begnügen, die Pfanne nur in das Hirn der Wendesäule einzulassen, weil sie alsdann leicht ungleichmässig eingeht, oder sich dreht, selbst wenn sie äusserlich sechs Rippen hat, oder mit wenig vortretenden Rippen versehen ist, wodurch alsdann leicht eine schräge Stellung eintritt, und bei der Reibung die sie nunmehr erfährt, ist das Drehen und Ausweichen des Holzes nicht zu vermeiden. Viel zweckmässiger ist es, der Pfanne einen vollständigen Schuh mit aufwärts gekehrten Rändern anzufügen, worin die Wendesäule steht. In diesem Fall drückt der Druck über die ganze Stirnfläche der Säule gleichmässig auf die Pfanne und ein ungleiches Eindringen, wodurch die Pfanne oder der Zapfen eine schiefe Stellung annehmen würde, nicht mehr möglich. Der Schuh presst der obere Rand des Schuhs die Holzfasern zusammen und verhindert das Aufspalten der Säule, und endlich mittelst dieses Randes, wenn derselbe hoch genug ist, können Theile von ihm sich um einige Zolle verlängern, worin man Nägel oder Schraubenbolzen den Schuh sicher an

die Säule befestigen. Ein solcher Schuh darf aber nicht vor die Wendesäule vortreten, sein Rand muss vielmehr in die Säule eingelassen sein, so dass er sich der cylindrischen Fläche derselben genau anschliesst.

Bei dieser Construction ist es gleichgültig, ob der Schuh mit der Pfanne, oder mit dem Zapfen verbunden ist. Eine Verbindung mit dem Zapfen zeigt Fig. 316 auf Taf. XLV, wie bei Niederländischen Schleusen üblich ist. Der Zapfen hat denselben Durchmesser wie die Säule und dem Schuh gleichen Durchmesser, besteht aber nicht aus Eisen, sondern die Pfanne aus Glockenmetall, ist abgedreht und im Innern drei Rippen versehen, die in sorgfältig ausgearbeitete Rinnen des Fusses der Wendesäule eingeschoben werden. Er erhält keine weitere Befestigung. In Fig. 316 a sieht man auch die Pfanne im Innern ausgedreht und dem Zapfen so angepasst ist, dass sie keinen Spielraum zur Seite hat. Im Aeusseren ist sie kegelförmig geformt (Fig. 316 c). Sie muss sehr sorgfältig versetzt werden, damit sie sich nicht dreht. Diese Gefahr ist immer um so grösser, je mehr Seiten das Polygon hat, welches sie im Grundrisse bildet. Es darf aber nicht übersehen werden, dass ein starkes Klemmen des Zapfens gegen die Pfanne vorzugsweise zu besorgen ist, weil sonst der Zapfen tiefer in die Erstere eindringt. Bei der Schleuse in Clichy dringt der Zapfen etwa auf zwei Drittheile seines Durchmessers in die Pfanne ein, wodurch die erwähnte Gefahr viel grösser ist, als man hat daher den lichten Durchmesser der Pfanne ungefähr 1/4 grösser, als den des Zapfens gemacht.

Fig. 317 zeigt einen Schuh, der mit der Pfanne verbunden ist. Derselbe besteht aus Gusseisen und stimmt mit den in Frankreich üblichen überein. Er umfasst nicht nur die cylindrische, sondern auch den rechtwinkligen Theil der Wendesäule. Ueber der Pfanne, die nach einer Halbkugel ausgeformt ist, befindet sich eine Verstärkung der Bodenplatte, die sich in einen niedrigeren Cylinder in das Innere des Schuhs fortsetzt. Für diesen muss gleichfalls die entsprechende Oeffnung genau anschliessend sein. Der Fuss der Wendesäule muss sorgfältig ausgearbeitet sein, damit der Druck gleichmässig vertheilt wird. An zwei gegenüberliegenden Stellen tritt der den Schuh umgebende Rand her aus und ist daselbst mit Löchern versehen, durch welche Stangen gezogen werden, die den Schuh mit der Säule verbinden.

b). An derjenigen Seite, welche sich an die Schlagschwelle an dieser Bolzen mit versenktem Kopfe versehen sein. Der Bolzen ist an die Bodenplatte angegossen und gleichfalls kugelförmig nach einem etwas kleinern Krümmungs-Halbmesser abgedreht, wodurch einiger Spielraum entsteht.

In großen Englischen Schleusen für Seeschiffe findet un-
terschiedliche Anordnung statt, doch greift der gusseiserne Schuh
unter den Thoren zuweilen nicht nur unter die Wendesäule,
sondern auch unter den untern Rahm, wie Fig. 309 a und b auf
Taf. 10 zeigt. Bei gusseisernen Thoren findet der Schuh
eine besondere Befestigung in der Höhlung der Wendesäule. Die
hier am Caledonischen Canal gewählte Anordnung, die
Fig. 310 im Durchschnitt zeigt, ist auch in später ausgeführten
Thoren beibehalten. Die Säule ergänzt sich nämlich un-
ter dem untersten Riegel zum vollen Cylinder, und in diesen ist
der Schuh eingeschoben. Damit dieselbe aber nicht zu weit ein-
dringt, ist in der Höhe des Bodens, der die Hälfte der cy-
lindrischen Oeffnung schließt, ein vortretender Rand im übrigen
der Höhlung fort, und gegen beide lehnt sich die Pfanne.
Um der letztern ist dadurch vermieden, daß übereinstim-
mende Pfannen angebracht sind, in welche man Schlusakeile treibt.

Die gusseisernen Zapfen an den Schleusen des Caledonischen
Canals sind etwa 8 Zoll stark und 10 Zoll hoch, sind an schwere Bo-
densteine angegossen und cylindrisch abgedreht, ihre obern
Enden bilden Halbkugeln. Die erwähnten Platten sind $4\frac{1}{2}$ Fufs
lang, 11 Fufs breit und 3 Zoll stark. Sie sind mit vier Schrau-
benbolzen, die vorher in die Steine versetzt und mit Blei vergos-
sen, befestigt. Bei der Schleuse zu Montrose, von der
oben die Rede war, greifen Zapfen von 10 Zoll Durchmes-
ser, die gleichfalls in die Wendesaule eingeschobnen Pfannen.
Diese Zapfen sind an Bodenplatten angegossen, die neben den
Zapfen etwas verstärkt, sonst aber nur 2 Zoll dick sind. Ihre
Länge ist $4\frac{1}{2}$ Fufs und ihre Breite $1\frac{1}{2}$ Fufs. Nachdem die Lager für
die Zapfen bereitet und die Schraubenbolzen in die Bodensteine befestigt
sind, legte man eine starke Fülzdecke darüber, um ein un-
gleiches Aufliegen der Platte und sonach ein Brechen der-
selben zu verhindern. Die Platte wurde hierauf eingesetzt, und
nachdem die Schraubenmutter so weit angezogen waren, daß sie

eine starke Compression des Filzes bereits bewirkten, v Platte, indem die Bolzenlöcher reichlichen Spielraum ließ Keile genau eingerichtet. Dann erst wurden die Schrauben gezogen, und die Fuge rings um die Platte mit Blei verg

Bei diesem Vergießen mit Blei sowol der Be selbst, als auch der zu ihrer Befestigung dienenden Bol noch an eine Schwierigkeit erinnert werden, die oft sch ist. Wenn nämlich die Steine naß sind, wie dieses gewö Schleusenboden der Fall ist, so wird das geschmolzene B den Wasserdampf, der sich beim Eingießen desselben e zum Theil herausgespritzt, und dadurch sowol die vollstä füllung der Fuge verhindert, als auch der damit beschäfti ter leicht beschädigt. Der Uebelstand läßt sich vermeid man die Steine mit Oel befeuchtet, wodurch das plötzl dampfen des Wassers verhindert wird.

In den kleinern Englischen Canalschleusen pflegt man eiserne Platten, in denen eine mäßige Höhlung zur Aufn Zapfens sich befindet, gegen die Wendesäule zu nageln, 312 a angedeutet ist. Indem der Zapfen nur wenig eing schwindet auch jede Besorgniß, daß die Platte sich von desäule lösen möchte, auch genügt in diesem Fall das gegen das Hirnholz.

Die beiden in Fig. 316 und 317 dargestellten For Zapfen unterscheiden sich noch darin von einander, da rührenden Kugelflächen im ersten Fall die convexen Sei einander kehren, im zweiten dagegen die convexe Seite nern Kugel in der concaven der größern ruht, der Um die Pfanne auf dem Zapfen liegt, oder umgekehrt, ist in ziehung gleichgültig. Die letzte Anordnung, wonach die der Pfanne eine Kugelfläche bildet, und nicht mit cylind Seitenwänden versehn ist, gewährt zwar den Vortheil, Einsetzen des Thors wegen des Spielraums zur Seite wird, aber man darf annehmen, daß das Thor sich nicht einstellt, wie bei einer cylindrischen Oeffnung, die den Z nau umschließt. In Frankreich ändert man zuweilen, bei größern Schleusen, die in Fig. 316 dargestellte For sofern ab, daß man die Seitenwände des Zapfens Pfanne, schwach konisch abdreht. Dadurch wird

zen erleichtert, aber man muß bei dieser Einrichtung so viel Raum zwischen der Pfanne und dem Zapfen lassen, daß die kugelförmigen Endflächen sich früher als die der kegelförmigen Seitenflächen berühren, weil diese, wenn sie sich mit dem Zapfen des ganzen Thors scharf in einander schieben sollten, so gegen einander reiben würden, daß die Drehung sehr erschwert würde. Es muß noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß das Einsetzen eines cylindrischen Zapfens in eine genau schließende, gleichfalls cylindrisch ausgedrehte Pfanne nur möglich ist, wenn derselbe schon vorher in solche Richtung gebracht ist, daß die Achsen beider zusammenfallen.

Beim Ausheben und Einhängen der Schleusenthore kommt es bei der geringen Tiefe der Pfanne auf eine ganz genaue Beachtung dieser Regel nicht an, aber ein starkes Ueberneigen des Thors ist doch vermieden werden, und man muß daher, wenn cylindrische Zapfen gewählt wird, die obere Befestigung des Thors so anordnen, daß dasselbe senkrecht gehoben werden kann. Wenn dieses geschieht, so dürfte die cylindrische Form für den Zapfen, und zwar mit genau schließender Pfanne, die zweckmässigste Wahl sein.

Es entsteht noch die Frage, ob die Berührung in Kugelflächen wirklich von Nutzen ist. Die Zapfen-Reibung ist, wie bekannt, in hohem Maasse von der Ausdehnung der Berührungsfläche abhängig, und man vermindert sie durch Verkleinerung der letztern. Man darf indessen nicht glauben, bei Berührung der Kugelflächen die Berührung auf einen einzelnen Punkt bringen, und dadurch die Reibung ganz aufheben zu können. Die Schärfe der Bearbeitung hat ihre Grenze, und macht es unmöglich, diese Absicht vollständig zu erreichen. Außerdem aber ist die Festigkeit gegen das Zerdrücken oder die rückwirkende Kraft bei keinem Körper unendlich groß. Ein mathematischer Punkt kann also als Scheitel der Kugelfläche nicht das Schleusenthor tragen. Die beiden Kugelflächen drücken sich demnach gegenseitig so weit ein, bis eine Berührungsfläche entsteht, die hinreichend groß ist, um dem Druck den nöthigen Widerstand zu leisten. Dasselbe wird auch erreicht, wenn man die Kugelfläche bei der Bearbeitung durch eine Ebne, eine senkrecht gegen die Bewegungsrichtung gerichtet ist, abschneidet. Man darf freilich nicht den Durch-

messer des ganzen Zapfens auf den der Berührungsfläche beruhen, weil derselbe in diesem Fall nicht die nöthige Steifigkeit erhalten würde, aber eine flachkegelförmige Fläche, die leicht eine Kugelfläche darzustellen ist, könnte ohne Nachtheil die horizontale Berührungsfläche mit der cylindrischen Seitenfläche des Zapfens verbinden.

In einzelnen Fällen hat man die Vorsicht zur Darstellung möglichst kleiner Berührungsflächen noch weiter getrieben. So hat man feine Stahldrähte in die ausgebohrten Achsen der Zapfen und Pfannen eingesetzt, welche das ganze Gewicht der Thore tragen. Auch in einer grossen Dockschleuse in England hat man eine kleine Kugel, von etwa 3 Zoll Durchmesser in die Oberfläche des Zapfens zum Theil versenkt, damit die Pfanne in der Berührung derselben möglichst geringe Reibung erfährt. Es leidet wohl kein Zweifel, daß durch dergleichen Künsteleien nur die Abnutzung der Pfannen und Zapfen befördert wird, sie also mehr schaden als nützen.

Vor dem Einsetzen der Thore pflegt man die Pfannen mit Schmiere zu versehen, indem man sie mit Seife stark anstrich. Auffallend ist die von Minard angeführte Thatsache, daß die Seife in gut schliessenden Pfannen sich sehr lange Zeit hindurch erhält, so daß man bei der Reparatur alter Thore, wenn diese ausgehoben werden, oft noch die beim Einsetzen eingestrichene Seife vorfindet. Ja, Minard erwähnt, daß in zwei Fällen, wo die Pfannen recht reichlich mit Seife angefüllt hatte, die Thore, als sie ausgehoben werden mußten, um die Pfannen zu leeren, nicht sanken nämlich nicht so tief herab, daß die Halsbänder daran befestigt werden konnten.

Was das Halsband oder die Befestigung des Thors am oberen Theil der Wendesäule betrifft, so muß dasselbe so angebracht werden, daß es die Drehung des Thors von der Thornische bis zur Schlagschwelle gestattet. Demnächst muß es auch hinreichend stark und zugleich fest genug verankert sein, um den horizontalen Pressungen und Stößen Widerstand leisten zu können. Wenn der Schwerpunkt des Thors entweder durch eine Rolle oder ein Gegengewicht am Drehbaum, oder auf andre Art vollständig unterstützt wäre, so würde das Halsband wenig in Anspruch genommen werden würde vorzugsweise nur bei der Drehung des Thors als

Es erleidet jedoch gemeinhin von dem Thor, sobald der demselben aufhört, einen starken Seitendruck, und zwar wohl wenn das Thor in der Nähe der Schlagschwelle, als in der Thornsche steht. Es genügt also nicht, das Halsband in einer Richtung zu verankern, vielmehr muß die Verankerung so angebracht sein, daß sie bei jeder Stellung des Thors ist.

Der horizontale Druck, den das Thor gegen das Halsband ausübt, ist in jedem speciellen Fall leicht zu berechnen, indem man das Thor als einen Hebel betrachtet, dessen Drehungs-Achse die Pfanne liegt, worin der untere Zapfen eingreift. Bei großen Thoren ist dieser Druck sehr bedeutend. Ein eben so großer horizontaler Druck trifft auch die Pfanne und den unteren Zapfen in entgegengesetzter Richtung. Hier läßt sich aber die Befestigung sehr leicht in dem Schleusenboden darstellen, die Schwierigkeit verschwindet, die bei dem obren Halsbande sehr bedeutend wird, und eine sorgfältige Ueberlegung in der Anordnung der Anker erfordert.

Die Weise indessen das Halsband auch angebracht und verankert zu sein mag, so ist ein geringes Verziehen desselben nie ganz zu vermeiden. Schon die Splinte und Anker geben, sobald der horizontale Druck eintritt, etwas nach, während die Elastizität des Halsbandes eine geringe Formveränderung und ein Ausweichen des Eisens gestattet. Wenn aber vollends der Zapfen in das Halsband sich ausschleift, was doch nicht zu vermeiden ist, so wird das Thor noch mehr überweichen. Hiernach ist es sehr auswerth, das Halsband so einzurichten, daß es nach Bedarf später scharfer angezogen werden kann. Man hat in der That diesen Zweck durch verschiedene Anordnungen zu erreichen gesucht.

Es ist bereits § 66 ausführlich nachgewiesen, daß der aus dem Thore überwässers entspringende Druck in der Längsrichtung nicht auf den obern Zapfen übertragen werden darf, der vielmehr dadurch aufgehoben werden muß, daß die ganze Thorschwelle, oder wenigstens die Riegel bei geschlossenem Thor sich gegen die Wendenische lehnen. Wenn dieses geschieht, so bedarf keiner weitem Unterstützung des obern Zapfens gegen die Thorschwelle.

Das Halsband muss ferner so eingerichtet sein, da vorkommenden Reparaturen das Ausheben des Thors ohne deshalb jedesmal die in der Mauer oder den Holzwerk festigte Verankerung lösen zu dürfen. Dabei gereicht es zu grosser Bequemlichkeit und Schonung der Zapfen und so wie auch der Wendenischen, wenn die Thore senkrecht Pfannen gehoben und eben so in dieselben wieder eingesetzt werden können. In England und in den Niederlanden wird die Einrichtung als massgebend betrachtet, während man bei uns einmal davon absieht, und dadurch gezwungen wird, das Thor Ein- und Aushängen stark überzuneigen, bevor es in die Pfannen eingestellt, oder daraus gehoben werden kann. Wenn das Halsband so weit ist, wie der Cylinder, welcher der Kern der ganzen Wendesäule entspricht, wird das Thor, während vollständig in der Schleuse befestigt ist, an die Winden und nachdem letztere angezogen sind, so dass sie das Thor lösen, löst man das Halsband, und hebt darauf das Thor aus.

Der Grund, weshalb man so häufig eiserne Zapfen von Stärke anwendet, beruht in der Absicht, die Reibung zu vermindern. Diese Reibung ist aber auch bei den Achsen, wenn das Halsband gut schliessend angelegt und geschmiert wird, keineswegs erheblich. Die Umstände, welche zugweise die Bewegung des Thors erschweren, sind, abgesehen vom Druck und dem Widerstande, den das Wasser ausübt, ungenaue Aufstellung der Thore und oft in der Anhäufung Schlammes in der Thorkammer zu suchen.

Bei uns ist es üblich, in die Köpfe der Wendesäule Zapfen einzusetzen. Der vortretende cylindrische Theil ist 6 Zoll lang und 2 Zoll stark, und das Blatt, welches die Stärke der Wendesäule zur Breite hat, greift so tief herab, dass es sich bis unter den Bügel fortsetzt, der die Wendesäule mit dem obern Rahm verbindet. Das Blatt bildet nach jeder Seite einen Keil, der in der Mitte, wenigstens oben, so stark wie der Kern an den Seiten dagegen nur etwa einen halben Zoll dick ist. In dem mittlern Theil pflegt man nach unten etwas schwächer zu lassen. Um den Blattzapfen einsetzen zu können, versieht man den Kopf der Wendesäule mit einem Einschnitt, der in den Figuren 302a und b auf Taf. XLII bemerklich ist, und der so gut

gehoben kann, nach der Form des Blattes ausgearbeitet. Durch eingetriebene sehr dünne Keile bemüht man sich gegen einen scharfen und vollständigen Schlufs darzustellen. Die am Ende der Wendesäule eingeschnittene Nuthe, worin der Bügel liegt, der die Verbindung mit dem obern Rahm darstellt, ist in das Blatt des eisernen Zapfens eingefellt, und dieses greift jeder Seite des Bügels bis zur Oberfläche der Wendesäule. Der Bügel verhindert also ein Ausheben des Blattes. Da er aber nicht scharf angezogen wird, so kann er auch geringe Abweichungen von diesem nicht hindern. Die größte Sicherheit in der Stellung gewährt der von oben auf den Kopf der Wendesäule aufgetriebene Ring. Das Blatt ist zur Aufnahme des Ringes an den Seiten wieder eingefellt, so daß es sich auch hier genau dem des Holzes genau anschließt. Auf dem Zapfen pflegt man noch einen Ansatz mit einem Schraubengewinde anzubringen, auf dem ein Schirm aus Blech befestigt wird, derselbe bildet ein Dach über der Wendesäule und schützt das Hirnholz gegen den Regen.

In manchen Fällen, wie z. B. in der Schleuse bei Neufähr an der Mündung des nach Danzig führenden alten Weichselarmes, hat man den eisernen Zapfen nicht allein durch das Blatt, womit er in die Wendesäule greift, sondern ausserdem noch durch eine starke hölzerne Schiene, die ihn über dem Halsbände mit einem scharf zugewandten Auge umfaßt, mit dem Schleusenthor verbunden. Diese Schiene liegt auf dem obern Rahm des Thors, und ist mittelst mehrerer Schraubenbolzen daran befestigt.

Das Halsband ist gemeinhin unmittelbar mit den Ankern verbunden, wie Fig. 318a auf Taf. XLV zeigt. Das Ausschmieden eines so großen Stücks namentlich in dieser zusammengesetzten Form erfordert, wenn es keine schwache Stellen enthalten soll, sehr viel Arbeiter, auch müssen die Schraubenbolzen, welche zur Befestigung des Deckels dienen, sicher eingesetzt sein. Fig. 318b zeigt den durch Schrauben befestigten Deckel des Halsbandes von der Innenseite. Das Halsband selbst ist 2 bis 2½ Zoll hoch. Die Bolzen haben Querschnitte von 2 bis 3 Quadratzoll. Jedes derselben ist durch zwei senkrechte Splinte gehalten, und wo dieselben zusammengetroffen sind, ist der Anker in angemessener Weise verstärkt. Die Länge des Ankers beträgt gemeinhin gegen 10 Fuß, und sie sind

in solcher Richtung angebracht, daß sie möglichst das seinen verschiedenen Stellungen unterstützen, ohne sich je sehr der äußern Seitenfläche der Mauer zu nähern. Um die möglichst zu befestigen, pflegt man dieselben nicht nur abführen, sondern sie auch aufwärts vortreten zu lassen, und zu übermauern. Indem aber bei dieser Anordnung die bänder die Anker schon höher als die Thore liegen, so Uebermauerung derselben bedeutend über diejenige Höhe welche die Mauern der Häupter in sonstiger Beziehung hatten. Um daher die Mauermasse nicht zu sehr zu vergrößern schränkt man die Ueberhöhung derselben auf diejenige Stelle die Splinte liegen. Es bilden sich daher hier etwa 2 Fuß massive Aufsätze, die man, um die Passage nicht zu unterbrechen mit Stufen versieht. Man nennt sie Postamente.

In einzelnen Fällen hat man, während der Zapfen in beschriebenen Weise ausgeführt war, das Halsband, welches den Zapfen vollständig umschließt, so angeordnet, dass es mit einer Schraube schärfer angezogen werden kann. Es genügt hierüber im Allgemeinen zu erwähnen, daß entweder die Anker in Schrauben auslaufen, welche zur Seite durch das in einer ausgebohrten Scheibe bestehende Halsband hindurchgreifen, oder dass die Anker mit einer ähnlichen Scheibe fest verbunden sind, auf der letztern liegt die zweite Scheibe liegt, welche das eigentliche Halsband bildet, und durch verschiedene, gewöhnlich durch drei Schrauben etwas angezogen werden kann.

Wenn das Thor mit einem Drehbaum versehen ist, so bringt man den Zapfen nicht am Kopf der Wendesäule an, sondern in andern Fällen mag man gern die Anker unter die Seitenfläche der Mauer legen, um eine größere Sicherheit in der Befestigung des Halsbandes zu erreichen. Alsdann stellt man metallnen Zapfen in gleiche Höhe mit dem obern Rahm, oder wohl noch tiefer. Dieses war bei den ältern Schleusen an mehreren Stellen vielfach geschehn, und dieselbe Einrichtung findet sich auch in manchen französischen Schleusen vor.

Fig. 319a und b zeigt diese Einrichtung. In der Mittellinie des obern Rahms ist ein horizontaler Einschnitt in der Stärke des Halsbandes in die Wendesäule gemacht, der einige Zolle über die Achse fortsetzt. Der Zapfen, etwa

in zwei Einschnitte vom Rücken der Wendesäule aus in die Einschnitte eingeschoben. Um ihn zu halten, sind jene Einschnitte mit sorgfältig bearbeitete Holzstücke angefüllt, und damit das obere nicht etwa herabsinkt und alsdann gegen die Arme des Halsbandes stößt, oder das untere sich zufällig hebt, sind beide mit Backen versehen, die in entsprechende Nuthen in die Wendesäule eingreifen. Zur Befestigung dieser Holzstücke dienen Bügel, die in gewöhnlicher Weise um die Wendesäule greifen, welche Schraubenbolzen an dem obern Rahm befestigt sind. Die gestrichelten Linien in Fig. a deuten den Zapfen und die beiden Holzstücke an, die Querschnitte der letztern mit den Buchstaben *a* und *b* sind in *b* durch die punktirten Linien bezeichnet. Das Halsband besteht in diesem Fall nur in einem starken eisernen Ringe, welcher mit zwei Ankern verbunden ist. Will man das Thor ausheben, so entfernt man die Bolzen, welche die Bügel halten, und wenn man die Bolzen auf die Schlagsäule überkanten lässt, so zieht das Halsband die Achse, die beiden Klötze und die beiden Bügel heraus. Die Zapfen bei dieser Einrichtung nicht besonders fest und gesichert werden kann, bedarf kaum der Erwähnung, und bemerkt noch, daß die Wendesäule an dieser Stelle tief eingeschnitten, also sehr geschwächt wird.

Nach mag noch eine andre eigenthümliche Stellung der eisernen Thore erwähnt werden, die bei der Schleuse im Canal St. Maur in der Nähe von Paris gewählt ist. Die Wendesäulen haben da horizontale Einschnitte bis über die Achse hinaus, und sie bedeutend breiter, als eben angegeben ist. In diese Einschnitte greifen abwärts gekehrte Zapfen von oben ein, greifen jedoch nicht die untern Flächen der Einschnitte. Diese Zapfen bestehen aus Gussseisen und sind an Schuhe angegossen, welche die Köpfe der Wendesäulen umfassen, und sowohl an diesen Köpfen als an dem obern Rahm befestigt sind. Um die Thore auszuheben, braucht man kein Halsband öffnen, noch sonst irgend eine Verbindung zu lösen. Es genügt dazu, das Thor senkrecht aufzuwinden, wodurch die Zapfen aus der Pflanze gehoben, und der untere Theil des Halsbandes frei wird. Alsdann muss aber noch eine horizontale Bewegung des Thors erfolgen, damit das Halsband aus dem Einschnitt der Wendesäule tritt. Die Schwächung der Wendesäule ist auch hierbei sehr bedenklich.

Die andre Methode, wonach man am obern Theil des Thors keinen Zapfen einsetzt, vielmehr die Wendesäule selbst am Kopf, oder in der Nähe desselben in ihrer vollen Breite cylindrisch bearbeitet und sie unmittelbar mit dem Hals des Thors umfaßt, gewährt den Vortheil der möglichsten Festigkeit und auch der dauernden genauen Stellung der Drehungsachse. Man hat daher in England und in den Niederlanden sowohl die grössern, als die kleinern Schleusenthore gewöhnlich in dieser Art behandelt. Ein Versetzen der Drehungsachse gegen die Achse der Krümmung der Wendesäule dürfte auch hierbei keineswegs möglich sein, da der Abstand beider sehr geringe ist, doch bei uns dieses bei Englischen Schleusen nicht vor, weil der dadurch erzielte Vortheil für zu geringe erachtet wird.

Bei eisernen Schleusenthoren wird die Drehungsachse jedes Thors unmittelbar durch den Kopf der Wendesäule gebildet, bei hölzernen dagegen, um einer schnellen Abnutzung vorzubeugen, durch einen überdeckt oder bekleidet werden. In den Niederlanden geschieht dieses, namentlich bei großen Thoren in der Art, daß man einen cylindrisch abgedrehten Ring über den Kopf der Wendesäule schiebt und denselben durch eingetriebene Keile befestigt. Der Ring wird um sein Drehen zu verhindern, an der innern Seite drei Rippen wie der untere Zapfen, der Fig. 316b dargestellt ist. Der Ring schließt sich übrigens an die Krümmung der Wendesäule an, beide haben gleichen Durchmesser. Der Kopf der Wendesäule wird demnach um die Dicke des Ringes im ganzen Umfange geschwächt, auch die Rinnen zur Aufnahme der Rippen werden sorgfältig ausgeschnitten.

Indem der Druck des Thors, so lange dasselbe im Hals der Schleuse hängt, stets nach der Schlagsäule gekehrt ist, so wird der Hals der Wendesäule an dieser Seite besonders leiden, und es genügt schon ihn hier zu schützen. Dieses geschieht, indem man entweder einen halben Ring anbringt, wie Fig. 323 in der stark ausgezogenen Ansicht zeigt, oder einige eiserne Schienen lothrecht an dieser Seite in den Hals einlässt und daran befestigt. Eine sorgfältige Bearbeitung der Schienen, und zwar nach deren Befestigung, ist aber nothwendig, damit ihre äußern Flächen genau mit der cylindrischen Oberfläche der Säule zusammenfallen, und sich weder im Hals klemmen, noch auch in Folge der Unebenheit und Rauheit

das letzteres angreifen. Beim Oeffnen und Schliessen des Thores werden indessen auch andre Theile des Halses mit dem Thore in Berührung gebracht und oft einem starken Druck ausgesetzt. Daher begnügt man sich gemeinhin nicht, diese Schieber der der Schlagsäule zugekehrten Seite anzubringen, befestigt vielmehr wenigstens im halben Umfange des Halses, oft auch um denselben.

Das um die Wendesäule greifende Halsband besteht bei den Holländischen und eben so auch bei den grössern Französischen Schleusen gemeinhin aus einem vollen Ringe, der aus zwei Hälften zusammengesetzt ist. Zur Verbindung der letztern sind zwei diametral einander gegenüberstehende Charniere, von denen eine durch einen losen Bolzen geschlossen wird. Sobald man herauszieht, läßt sich die vordere Hälfte des Halsbandes um das andre Charnier zurückschlagen, und die Wendesäule wird geschlossen. Zuweilen fehlt der hintere Theil des Halsbandes ganz, indem die vordere Hälfte desselben unmittelbar mit den Ankern verbunden ist. Bei den Niederländischen Schleusen sind die Anker zuweilen gekrümmt, dafs sie selbst die hintere Hälfte des Halsbandes bilden. Die Verschiedenartigkeit dieser Anordnungen wird um so mehr, als auch die Anker in mehrfacher Weise mit den Halsbändern selbst, oder mit den daran befindlichen Ansätzen verbunden werden. Im Folgenden sollen die wichtigsten dieser Verbindungen an einzelnen Beispielen gezeigt werden, doch sind einige allgemeine Bemerkungen über diese Halsbänder und Anker voranzusetzen.

Halsbänder dieser Art sind bei kleineren Canalschleusen 2 bis 3 Zoll stark und 3 bis 4 Zoll hoch, bei grossen Schleusen messen sie in der Dicke bis 3 Zoll und in der Höhe bis 4 Zoll. Die Charniere werden dadurch gebildet, dafs cylindrische Aussparungen an den Enden angebracht und zur Aufnahme der Verbindungsbolzen durchbohrt sind. Wie bei andern Charnieren, so auch hier abwechselnd Einschnitte eingefellt, so dafs beide Hälften in einander greifen. Bei kleineren Schleusen wird gewöhnlich ein Lappen der einen Hälfte von zwei Lappen der andern durch den Bolzen verbunden. Bei höheren Halsbändern dagegen zwei Lappen des einen Theils in drei des andern, die Anzahl derselben ist auch noch grösser. Das Fehlen der

hintern Hälfte des Halsbandes ist übrigens ohne Nachtheil das Thor sich doch nicht dagegen lehnt, und wenn es auf diese Weise zurückgestoßen werden sollte, so würde es an der Mauer schon eine sichere Unterstützung finden.

Die Anker, welche gewöhnlich aus Schmiedeeisen bestehen, sind bei kleinern Thoren $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Zoll hoch und breit, bei grössern dagegen bis 4 Zoll. Ihre Länge beträgt im ersten Falle 10 Fuss, im letzten dagegen bis 20 Fuss. Dafs mehr als ein Anker erforderlich ist, um ein Thor in seinen verschiedenen Stellungen sicher zu unterstützen, ist bereits erwähnt worden. Gemeinhin werden zwei zur Befestigung eines Halsbandes angebracht, in grössern Schleusen wird zuweilen auch noch ein drittes hinzugefügt.

Zur Befestigung der Anker in der Mauer dienen sogenannte Splinte, die man in grossen Schleusen hinter recht feste schwere Steine stellt, um sie möglichst sicher zu unterstützen. In der Uebermauerung der Anker, wie in den Preussischen Schleusen, bei Holländischen und Französischen nie vor. Gewöhnlich ist der Anker gar nicht, oder doch nur mit einzelnen dünnen Steinen überdeckt. Die Splinte reichen daher meist nur abwärts der Mauer und treten über die Anker wenig oder gar nicht vor. Die Anzahl der Splinte in jedem Anker beschränkt sich gemeinhin auf zwei, doch kommen bei grossen Längen auch drei Splinte vor. Bei kurzen Anker werden oft nur durch einen gehalten. An den Stellen, wo die Augen für die Splinte angebracht sind, mufs der Anker jedesmal so verbreitert oder verstärkt sein, dafs er mindestens denselben Querschnitt, wie an den andern Stellen, behält.

Zuweilen, und namentlich bei kleinen Schleusenthoren, werden beide Anker nebst dem hintern Theile des Halsbandes aus einem Stücke geschmiedet. Indem dieses aber nicht leicht auszuföhren ist, dabei auch vielfach die Gefahr eintritt, dafs entweder die Stellen, an welchen die Splinte angebracht sind, oder diejenigen, welche stark gekröpft sind, nicht die Festigkeit des gesunden Eisens behalten, so pflegt diese Vermeidung nur ausnahmsweise vorzukommen, und bei grossen und starken Anker verbietet sie sich von selbst. Gewöhnlich versieht man das Halsband mit kürzeren Armen von 2 bis 3 Fuss Länge, in den Richtungen der Anker sich fortsetzen, auch der Zahl nach mit diesen übereinstimmen. Die Anker sind an den Enden, an welchen sie mit diesen Armen verbunden werden sollen, gespalten, und

mit passenden Zahnschnitten versehen. Das Halsband dieser Einrichtung nicht nur sicher gehalten, sondern man hat auch noch den Vortheil, daß, nachdem die Anker bereits befestigt sind, man das Halsband mit seinen Armen aufstellen kann, indem die Zahnschnitte unter sich Spielraum lassen. Wenn das Halsband an der gehörigen Stelle werden die Arme mit eisernen Keilen gegen die Anker und die Fugen zwischen beiden vollends mit Blei ausgefüllt. In einzelnen Fällen sichert man die Verbindung auch noch, als man eiserne Schraubenbolzen hindurchzieht. Zuweilen man dagegen das Vergießen mit Blei, um das Halsband noch schärfer anziehen zu können.

Fig. 320 zeigt ein Halsband nebst zugehöriger Verankerung an einer Schleuse im Havre. Ersteres ist mit drei Armen versehen, welche von eben soviel Ankern umfaßt werden. Die Verankerung mittelst Zahnschnitten dargestellt. Das Charnier besteht aus fünf Lappen, die in einander greifen und durch einen Bolzen zusammengehalten werden.

Fig. 321 ist die Verbindung eines Ankers mit einem Arme eines Halsbandes der Schleuse im Canal St. Maur angedeutet. Die Arme sind hier in rechtwinklige Ansätze verwandelt, und die Zahnschnitte in den Ansätzen der Anker sind so angeordnet, daß hinreichender Spielraum zum Nachtreiben der Keile bleibt. Diese Keile sind in der Figur dunkler gehalten.

In kleineren Schleusen giebt man jedem Halsbande zuweilen nur einen, jedoch recht starken Arm, und an diesen sind die nach hinten auslaufenden Anker mit Schraubenbolzen befestigt, wie Fig. 322 zeigt. Die oben erwähnte Anordnung, daß der hintere Theil des Halsbandes ganz fehlt, und die vordere Hälfte des Halsbandes mittelbar an den Ankern befestigt wird, stellt Fig. 323 dar. Diese Befestigung ist dieselbe, als wenn das Halsband vollständig wäre, es ist nämlich wieder durch Charniere dargestellt. In Fig. 324 bemerkt man auch einen in den Hals der Wendesäule eingesetzten halben Ring, der das Holz gegen Beschädigungen durch das Halsband schützt.

Fig. 325 zeigt endlich eine Verbindung, die in den Niederlanden gebräuchlich ist und bei den sogenannten Fächer-Thoren gewöhnlich vorkommt. Der hintere Theil des Ringes ist nämlich aus zwei von

einander getrennten Quadranten zusammengesetzt, die die Verlängerung eines Ankers gebildet ist. Hierlich starke Kröpfungen im Eisen vor, dagegen ist ganz vermieden. Beide Anker sind in der Nähe wo sie zusammentreten, durch eine aufgesetzte, vergolsne starke Klammer mit einander verbunden recht fest zusammenzutreiben, sind noch zu beiden Klammer eiserne Keile eingesetzt. Die vordere bandes ist in gewöhnlicher Art mittelst Charniere

Bei der Schleuse Wilhem III. im Nordhol (Fig. 252 auf Taf. XXXII) ist in das Halsband eine Scheibe eingesetzt und durch schwach vortretende festigt. In derselben befindet sich die Achse, deren Beschreibung dieser Thore Erwähnung geschah (§ 6)

In England sind die Halsbänder der Thore die Anker bei größern und bei kleinern Schleusen stimmend unter sich, und von den bisher beschriebenen abweichend eingerichtet. Das Halsband besteht aus einem einfachen Bügel, der den Hals der Welle umfaßt. Seine Arme verlängern sich rückwärts, greifen durch den Rand des Ankers hindurch und sind hinten gekeilt. Der Anker besteht aber aus Gußeisen aus einer einfachen Platte, bald zwei, auch wohl drei Platten, aber gemeinhin mehrfach unter sich verbunden, so daß der Anker auch in diesem Fall als eine Platte, die Oeffnungen hat, ansehen kann. In andern Fällen besteht der Anker aber auch nicht unter einander verbunden aus mehreren Platten, sondern hat der Anker in der Nähe der Thornische einen getheilten Rand, und wie die Form der Verbindung ist, sind die hintern Enden der Arme fast immer abgerundet, so daß sie in die Steine eingreifen und darin vergolst werden. In seltenen Fällen, und namentlich nur bei großen Schleusen, sind besondere Bolzen in die Steine eingesetzt und darin vergolst, welche die Anker mittelst Augen greifen, auch vergolst sind.

Die Stärke dieser Halsbänder stimmt mit der der Thore ziemlich überein, die Anker werden dagegen, insbesondere wenn sie aus Eisen bestehen, viel schwerer gehalten. Bei großen Schleusen sind die Halsbänder aus Eisen, die Anker aus Holz.

Man hat oft Ankerarme, die 3 bis $3\frac{1}{2}$ Zoll breit und hoch, und bei bis 10 Fuß lang sind. Bei kleineren Canalschleusen haben die Arme auch mindestens einen Querschnitt von 4 Quadratzoll, und wenn statt zweier Arme eine volle Platte gewählt ist, so beträgt die Dicke derselben nie unter 2 Zoll. Die Länge der Anker in kleinen Schleusen beschränkt sich zuweilen auf 2 Fuß, doch ist sie gemeinhin etwas größer. Der vortretende Rand, durch welchen die Enden des Bügels gezogen sind, ist gewöhnlich bedeutend stärker, als die Arme des Ankers, oder die Platte. In vielen Fällen bemerkte ich, daß er eben so breit als hoch war. Selbst bei diesen Schleusen wird dieses Verhältniß gewöhnlich beobachtet.

Im Allgemeinen greifen diese Anker nicht so weit in das Mauerwerk ein, wie sonst üblich ist, doch fassen sie selbst bei kleineren Schleusen die zweite Steinreihe, und man wendet viele Vorsicht an, um sie mit recht großen Steinen zu verbinden. Fast jedesmal sind diese Steine aber wieder mit den nächsten durch eingesetzte Dübel oder eiserne Klammern verbunden, und hierdurch wird bei den kleinen Steinen und dem guten Mörtel eine genügende Sicherheit erreicht. Die Anker sind aber nicht nur durch die an den Enden der Arme befindlichen, abwärts gekehrten Zapfen, die häufig walbenschwanzförmig geformt sind, mit den Steinen verbunden, sondern sie sind in ihrer ganzen Ausdehnung in sorgfältig ausgearbeitete Vertiefungen versenkt, und die Fugen umher sind jedesmal mit Blei vergossen. Nur der vordere aufwärts gekehrte Rand ragt über die Oberfläche der Mauer heraus, so daß das Halsband mit den Keilen frei ist, und letztere nach Bedürfniß angetrieben oder nachgelassen werden können.

Fig. 325 zeigt das Halsband nebst Anker einer kleineren Engländerischen Canalschleuse, wie solches häufig vorkommt. Die beiden Arme des Bügels oder Halsbandes werden gemeinschaftlich durch zwei Schlufskeile, die gegeneinander getrieben sind, gehalten. Fig. 326 sind die Anker in den Schleusen des Bolton-Canals dargestellt, deren lichte Weite 15 Fuß mißt. Die Länge des Ankers beträgt 4 Fuß, und dasselbe besteht aus drei mit einander verbundenen Armen. Letztere sind an den Enden mit kurzen Querriegeln versehen, die einige Zoll tiefer in die Steine greifen. Die Arme des Halsbandes treten durch den vortretenden Rand des Ankers, und jeder wird einzeln durch zwei gegeneinander getriebene

Keile gehalten. Hiervon abweichend ist die Verankerung Schleusen des Rochdale-Canals. Die volle Ankerplatte ist nämlich gegen zwei in die Steine versetzte Bolzen und wird dies durch Schraubenmuttern gehalten. In ähnlicher Weise ist dieser Schleuse auch die Arme des Halsbandes an den Enden cylindrisch bearbeitet und mit Schraubengewinden versehen, so daß sie durch aufgesetzte Muttern gespannt werden können.

Die Verankerung der Verbindungsschleuse in Hull ergibt aus Fig. 309 c. Sie ist von der bei Canalschleusen üblichen wesentlich verschieden, nur wird jeder Arm von einem tief in die Mauer eingreifenden Bolzen oder Splint gehalten. Außer hierbei noch eine andere Art der Verankerung in Anwendung gebracht, die, wie es scheint, dieser Schleuse eigenthümlich ist, nämlich die Thore, besonders wenn sie auf Rollen laufen, leicht beweglich zu erhalten, kommt es darauf an, daß die Mauern selbst unverändert ihre Stellung behalten, und nicht überweichen. Um dieses mit voller Sicherheit zu erreichen, hat Walker es für nöthig, diese Theile noch zu verankern. Er hat daher eine 6zöllige Platte, die 12 Fuß lang und 9 Fuß breit, der Wendenische gegenüber hinter der Mauer aufgestellt. Dieselbe ist mittelst drei 2zölligen Zugstangen, deren Enden durch Schraubenmuttern an sie befestigt waren, mit den Ankern des Halsbandes und mit einzelnen Steinen der Wendenische verbunden. Darüber liegen so starke Zugstangen, die in gleicher Weise die Platte ziehen sich rückwärts etwa 50 Fuß weit nach einer Pfahlwand, die auf diese Art der Platte, so wie der ganzen Mauer zu Stütze dient*).

Zur Befestigung der Thore des Docks zu Montrose sind eisenerne Anker, $3\frac{1}{2}$ Zoll hoch und breit. Sie sind an den Enden mit schwalbenschwanzförmigen Zapfen versehen, die in die Mauern eingreifen. Die Halsbänder dieser Thore sind 2 Zoll stark und 12 Zoll hoch. Fig. 327 zeigt endlich das Halsband eines Thores am Montrose Dock. Dasselbe ist insofern eigenthümlich, als es aus zwei besondern Theilen besteht, die durch je einen in die Mauer vergossenen Bolzen mit einander verbunden sind.

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers.* London Vol. I. p. 38.

Es ist übereinstimmend mit dieser in England üblichen Veran-
 staltung diejenige, welche für die Schleusen des Ihle-Canals ge-
 macht ist. Dieselbe ist auf Taf XLVI dargestellt, und zwar in den
 Figuren f und g. Der Zapfen ist, wie bereits erwähnt, aus einem
 Eisen mit der starken Platte geschmiedet, welche man mittelst
 Ketten an den obern Rahm befestigt hat. Der Zapfen ist sorg-
 fältig gedreht und um ihn legt sich eine 1 Zoll starke und 3 Zoll
 hohe Schiene, die an beiden Enden mit Verstärkungen versehen ist,
 die in Schlitz der beiden schmiedeeisernen Anker eingreifen
 und durch eiserne Keile befestigt sind, die, so oft es nöthig
 ist, härter angezogen werden können. Um zu verhindern, daß
 die Schlitz sich nicht zu weit öffnen, ist noch jedesmal ein
 Stabholz hindurchgezogen, der jedoch wegen der lang aus-
 reichenden Öffnung in der Schiene das weitere Anziehen derselben
 verhindert. Jeder Anker wird durch ein aufrecht stehendes Splint
 gehalten, das sich an zwei Eisenstangen lehnt und diese übertragen
 den Druck auf das Ziegelmauerwerk. Die Mauern treten, wie
 man sieht, noch 1 Fuß über die Anker, verdecken also vollstän-
 dig die Splinte.

Schließlich dürfen hier noch einige Bemerkungen über das
 Anheben und Ausheben der Thore ihre Stelle finden. Bei
 Anwendung kräftiger Hebemaschinen auf hohen Rüstungen, die zu-
 gleich die erforderliche Seitenbewegung gestatten, kann man die
 Thore nachdem sie neben der Schleuse vollständig zusammengesetzt
 ohne Weiteres aufheben, herablassen und einhängen. Dieses
 Verfahren findet allerdings bei kleinern Thoren zuweilen Anwen-
 dung, es ist jedoch keineswegs das gewöhnliche, vielmehr pflegt
 man das Thor vor dem Aufstellen in die Thorkammer zu bringen.
 Dies geschieht entweder in der Art, daß das Thor erst am
 Ende der Thorkammer zusammengesetzt wird, oder man trans-
 portirt es im Ganzen, indem es auf Unterlagen über Rollen bewegt
 und Beihülfe von kräftigen Winden seine Bewegung unterstützt
 bekommt. Man muß im letzten Fall aber dafür sorgen,
 daß die Bahn nicht zu stark geneigt ist. Man führt dieselbe daher
 gewöhnlich über die Canaldossirung.

Man gibt dem Thor auf dem Schleusenboden eine solche
 Stellung, daß es nach dem Aufrichten in der Thornische steht, also
 wenig vorstellt werden darf, um mit dem Zapfen der Wende-

säule in die Pfanne einzugreifen. Das Thor so zu legen Richten desselben der Zapfen sogleich in die Pfanne tr sich theils wegen des Mangels an Raum, theils aber bei diesem Eingreifen, bevor die lothrechte Stellung e ist, ein starkes Klemmen erfolgen.

Das auf hölzerner Unterlage ruhende Thor kann Schrauben, und dergleichen, die unter den obern Ra leicht etwas anheben, zum vollständigen Richten muß oben mittelst Hebezeugen gefaßt werden. Zu diesem den zur Seite der Schleuse wenigstens zwei, bei schw auch wohl vier kräftige Erdwinden aufgestellt, welche Flaschenzüge eingeschnittenen Taue anziehcn. Die Anzahl d züge stimmt mit der der Erdwinden überein, und eb Krahnbalken werden auch eingerichtet, die etwas übe kammermauer vortreten. Man muß letztere mehrere Fu der Mauer anbringen, damit das Thor daran hängend i eingesetzt werden kann, und zwischen dem Thore und balken noch der nöthige Raum für die Flaschenzüge t stellt eine feste Rüstung auf die Mauer der Thornisch starke Balken mit einem Ende darüber, während die a derselben gehörig beschwert, auch gegen Seitenbewegu sind. Die untern Blöcke der Flaschenzüge werden gege rahm der Thore mittelst durchgezogener Taue, oder Weise sicher befestigt. Die Wahl der Befestigungspu auch die Stellung der Krahne ist aber von großer Wich mit das Thor, sobald es schwebt, seitwärts bewegt u in die Pfanne herabgelassen werden kann.

Sobald man die Erdwinden in Thätigkeit setzt, richt Thor auf. Bei einer gewissen Neigung wird der Fu stark gegen die Mauer gedrängt. Man muß durch Anb passenden Unterlagen dafür sorgen, daß das Thor nirge bar die Mauer berührt, und besonders, daß nicht vielleic liches starkes Gleiten eintritt. Minard erwähnt, daß e hängen schwerer Thore hölzerne Drehungsachsen in For ben Cylindern benutzt habe, auf deren flacher Seite Rahme ruhten, und die in hölzernen Mulden, wie in P drehten. Wenn letztere gegen die Mauer gehörig abgesteü wurde eine sehr sichere und regelmäßige Bewegung der Th

winden bleiben so lange in Bewegung, bis das Thor vom Boden schwebt, und man muß die obern Blöcke der Pflasterung so befestigt haben, daß alsdann das Thor von selbst eine Seitenbewegung macht und an diejenige Stelle, wo die Pfanne lothrecht über dem Zapfen sich befindet, gelangt. Die Bewegung darf indessen nicht plötzlich eintreten, man muß das Thor noch seitwärts mit einem Tau, und schlingt es ein Mal um einen festen Pfahl. Durch leises Nachlassen dieses Taus wird das Thor in die gehörige Stellung gebracht, und das Halsband der Form der Wendesäule entspricht, so braucht man die Erdwinden langsam zurückzudrehn, um den Zapfen genau zu stellen, worauf auch das Halsband sogleich befestigt werden kann, während das Thor noch an den Flaschen-

haken aufgehoben des Thors ist das Verfahren dasselbe, es erfolgt nur in umgekehrter Ordnung. Die Flaschenzüge müssen vorher so befestigt sein, daß das Thor nur mit Hülfe eines gespannten horizontalen Taus sich anfangs senkrecht hebt, das Nachlassen des letztern aber von selbst so weit seitwärts bringt, daß der Fuß der Wendesäule beim spätern Senken nicht in die Pfanne oder den Zapfen trifft.

Weniger schwierig wird dagegen das Aus- und Einheben, wenn die Docksäule nicht die volle Weite der Wendesäule hat, das Thor unmittelbar in die Pfanne eingestellt werden kann. Man hebt das Thor, nachdem es gerichtet ist, in eine schräge Stellung, so daß es auf dem Fuß der Schlagsäule ruht. Auf diese Weise wird es mit Brechstangen seitwärts bewegt, bis man es in die Pfanne hineinlassen kann. Alsdann erst giebt man ihm die lothrechte Stellung, und befestigt das Halsband.

Bei der Bau der Dockschleuse zu St. Nazaire, die 80 Fuß weit ist, war beim Einhängen der Thore noch eine andre Schwierigkeit zu überwinden. Das Thor ist 44½ Fuß breit und 32 Fuß hoch. Um es gegen das Zerbrechen zu verstärken, ist jeder Riegel, wie auch jeder Rahm aus einem Spannriegel und vier gekrümmten Balken zusammengefügter. Das Thor in der Mitte 5 Fuß stark ist, während es an den Enden und Wendesäule sich bis auf 2 Fuß zuspitzt. Von den Riegeln, deren jeder 15 Zoll hoch ist, wurden die 11 untern auf einander und auf den untern Rahm gelegt. Sie

sollten durch eine Anzahl Bolzen mit einander verbunden und diese ließen sich nur gut schließend einbringen, wenn d in aufrechter Stellung zusammengesetzt wurde. Es kam al darauf an, die fertigen Thore umzulegen. damit sie i mend in die Thorkammern gebracht werden konnten.

Dieses Umlegen geschah sehr einfach, indem die Thore rings mit Deichen umgebenen tiefen Baugrube erbaut wa derselben wurden daneben hölzerne Rüstungen errichtet, au sie sich legen sollten. Man ließ alsdann das Hochwasser und da die Grube sich nicht hinreichend füllte, wurde noch hineingepumpt, so daß dieses 12 Fuß hoch über der er Rüstung stand. Durch Erdanschüttung hatte man dafür daß der untere Rahm beim Kanten nicht zurückweichen ko man nun aber durch kräftige Erdwinden das Thor neigte, es umfiel, so berührte es beim Herabstürzen nicht die l wurde also auch nicht beschädigt. Jener hohe Wasserst nach verschiedenen Versuchen mit einem Modell ermitte überzeugte sich aber, indem das Eintauchen des Thors be wurde, daß schon ein Wasserstand von 11 Fuß über der genügt haben würde, um das Thor gegen ein nachtheili stoßen zu sichern*).

§. 70.

Unterstützung der Thore.

Wenn ein Schleusenthor nur aus den Hauptverband nämlich den beiden Säulen, den Rahmen und Riegeln zu gesetzt ist, so ist die Form desselben keineswegs vollstä sichert, und es kann leicht ein Verziehn der rechtwinkli bindung eintreten. Eine geringe Aenderung in dieser Bezie zwar ohne wesentlichen Nachtheil, da einerseits die Verm der Breite des Thors dabei nicht merklich ist, anders auch der Spielraum zwischen dem Thorkammerboden und i der Schlagsäule so groß ist. daß die Berührung beider nicht

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1861. I. pag. 113.

geren ist. Dagegen pflegt die Formveränderung, wenn ihr Grenze gesetzt wird, schnell zuzunehmen, indem die hölzernen, welche die Verbindung der Zapfen darstellen, und die Beschläge, immer leichter nachgeben.

Außerdem muß man darauf Rücksicht nehmen, daß in den Kammern starke Ablagerungen von Sand und Schlamm entstehen, die Bewegung der Thore also dadurch schon weit früher aufhört, ehe sie den Boden berühren. Ein vollständiges Leeren der Thorkammer ist aber schwierig, und daher liegt ein Vortheil darin, daß man die Reinigung immer erst vornehmen kann, wenn die Anhäufung die Höhe von einigen Zollen erreicht hat. Unter den Mitteln, wodurch man dem Sacken der Thore entgegen ist, zunächst die Verstrebung zu erwähnen. Die verschiedenartigen Anordnungen derselben sind bereits bei Gelegenheit der Construction der Thore speciell beschrieben. Hier soll nur auf den Umstand aufmerksam gemacht werden. Der Fuß der Verstrebung ist jedenfalls mit dem Fuß der Wendesäule zu verbinden, der Kopf stützt man aber besser gegen den obern Rahm, als gegen die Schlagsäule, weil letztere sich leichter von der Wendesäule entfernen kann, als der erstere. Je steiler die Strebepfeiler angebracht wird, desto wirksamer ist sie. Sie erfüllt daher bei hohen Thoren, die im Verhältnisse zur Breite sehr hoch sind, am besten ihren Zweck, und am wenigsten gewährt sie bei niedrigen und breiten Thoren hinreichende Sicherheit. Man unterstützt sie zuweilen noch durch Anbringung einer zweiten Strebepfeiler, die von der Mitte der Wendesäule nach der Mitte des obern Rahms geführt wird. In manchen Fällen hat man auch drei Streben angebracht, was jedoch weniger zu empfehlen. Dagegen läßt man sowohl in Holland als in Frankreich auch die ganze Bekleidung der Thore als Verstrebung wirken, wodurch der Druck nicht auf einzelnen Stellen vereinigt, vielmehr auf die ganze Länge der Verstrebung ziemlich gleichmäßig vertheilt wird. Endlich wäre noch zu erinnern, wie schon § 67 erwähnt, daß man zuweilen namentlich bei französischen Canalschleusen gußeiserne Eckstücke in die sammtlichen Winkel zwischen den Schleusen und den festen Verbandstücken einschreibt und durch Schrauben befestigt. Da hierdurch die Berührungsflächen sich wesentlich vergrößern, so wird dem Versacken wirksam vorgebeugt.

Indem die Strebe nicht sogleich in Wirksamkeit tritt, dieses vielmehr erst geschieht, wenn der obere Rahm und das ganze Gewicht des Thors sie so stark belastet und spannt, daß ihre Elasticität den nöthigen Widerstand leistet, so muß eine geringe Formveränderung des Thors der Wirksamkeit der Strebe vorangehn. Um nun diejenige Form, welche dem Zweck am meisten entspricht, dauernd zu sichern, so bringt man bei der Zusammensetzung eine geringe Ueberhöhung an der Seite der Schlagsäule an. Das Maass derselben beschränkt man bei kleineren Thoren etwa auf einen halben Zoll.

Ein andres Mittel zur Verhinderung des Durchsackens der Thore besteht in der Anbringung eines Zugbandes, welches von dem Kopfe der Wendesäule nach der diagonal gegenüberstehenden Ecke des Thors gespannt wird. In den Französischen Schleusenthoren und zwar eben sowohl bei größern, wie bei kleinern fehlen dieselben fast nie, bei uns kommen sie zuweilen, jedoch nur selten vor, an den Niederländischen Thoren fehlen sie meist, so wie auch an den Englischen Canalschleusen. Man muß diese Bänder, wenn sie an sich hinreichend stark, und überdies in angemessener Weise befestigt sind, als ein kräftiges Mittel gegen das Versacken der Thore ansehen, auch läßt sich dabei leicht mittelst Schrauben oder Keilen eine Vorrichtung zum schärfern Anspannen derselben anbringen.

Das obere Ende des Zugbandes wird gewöhnlich am Kopf der Wendesäule befestigt, das untere Ende dagegen ist zuweilen mit dem untern Rahm, zuweilen auch mit dem Fuß der Schlagsäule verbunden. Letzteres verdient wohl den Vorzug, insofern das Band auch in horizontaler Richtung zieht, und dadurch die Zapfen-Verbindung an beiden Enden der Riegel verstärkt. Demnächst entsteht die Frage, an welcher Seite des Thors man das Zugband anbringen soll, und es ist außer Zweifel, daß dasselbe, wenn es nur an einer Seite sich befindet, in Folge seiner starken Spannung, auf ein Drehn der Verbandstücke, die es faßt, hinwirkt. Um dieses zu vermeiden, verlegt man zuweilen das Zugband in die Mitte zwischen die vordere und hintere Thorfläche, indem man die sämmtlichen Riegel durchbohrt und es durch die Bohrlöcher hindurchzieht. Dieses ist beispielsweise bei den Schleusen des Ihle-Canals geschehen (Taf. XLVI). In Frankreich ist es ziemlich allgemein üblich, s

Seite des Thors ein besonderes Zugband zu legen, und sowohl oben, wie unten durch Bolzen mit einander zu ver-

binden. Bolzen, wodurch das Zugband an beide Säulen befestigt wird, dürfen nicht gegen das Holz der letztern sich lehnen, sondern sich darin eindrücken, dasselbe auch wohl aufspalten würden. Vielmehr müssen sie noch durch die beiderseitigen Eisenringe hindurch gezogen sein, oder wenn sie den Kopf der Wendesaule treffen, muß zu ihrer Sicherung ein besonderes Band oder Ring umgelegt werden. Fig. 328a auf Taf. XLVII zeigt die Verbindung des Zugbandes mit dem Kopf der Wendesaule an der bayerischen Schleuse. Ein starker Eisenring, der durch vier Bolzen fest angezogen werden kann, ist an beiden Seiten durch das Zugband unterstützt den obern Bolzen. Der untere greift dagegen den rechten Winkel des untersten Winkelbandes, der die Wendesaule mit dem untern Rahm verbindet. Er versieht hier zugleich die Stelle desjenigen Bolzen, der zum Zusammenhalten der beiderseitigen Winkelbänder sonst eingezogen sein müßte.

An den Schleusen des Main-Donau-Canals ist in der Nähe der Wendesaule um den untern Rahm ein Ring gelegt, und dieser wird durch das Zugband gefaßt.

Uebrigens werden die Zugbänder noch an einzelne Thorbänder befestigt, damit sie nicht bei zufälligem Gegenstoßen der Thore verhängen werden, was bei ihrer großen Länge leicht geschehen könnte. Damit sie aber, wenn es nöthig ist, später scharfer gezogen werden können, so empfiehlt es sich, an diesen Stellen Bolzen, vielmehr Klammern zu wählen, die sie umfassen, ohne ihre Beweglichkeit zu beschränken.

Beim Anziehen der Zugbänder, um dieselben sowohl beim Aufbringen, als auch bei später eintretendem Sacken des Thors gehörig anzuspannen, geschieht entweder durch Keile, oder durch Schrauben. In beiden Fällen sind die Anordnungen zuweilen einfach, alsdann aber auch mit manchen Mängeln verbunden. Bei den Keilen findet dieses statt, wenn jedes Zugband aus einem einzigen Stück besteht, und das obere Bolzenloch lang ausgezogen ist. Dieses aber unmittelbar über den Bolzen ein Keil eingetrieben zu lassen, Passender ist die bereits bei der Verankerung der Halsbänder erwähnte Anordnung, wonach das Band aus zwei in einander grei-

fenden Theilen besteht, von denen Fig. 328 *a* und *b* den ob dieselben Figuren, so wie auch *c* den untern zeigen, näm ihrer Zusammensetzung und mit den doppelten Treibkeiler gegen die beiden Stücke getrennt von einander und *c* den fenden Kopf des untern Theils in der Seitenansicht. Da kürzere Stück ist gabelförmig gespalten und zwischen beid desselben tritt der Kopf des untern ein. An den äußern befinden sich jedesmal vortretende Backen, welche durch getriebenen Keile von einander entfernt werden, so daß das Band sich verkürzt. Bei den Thoren der Schleuse vor dem bourgeois Kriegshafen ist indessen, wie diese Figur zeigt, noch gesorgt, daß beim Einschlagen der Keile nicht einer der aus dem andern seitwärts herausgeschoben wird, und zu Zweck sind die erwähnten Backen jedesmal der Länge nach Nuthen versehen, worin Federn an den betreffenden Stellen der Theile eingreifen. Die Figuren *b* und *c* zeigen diese so wie *c* auch die Nuthen. Man bemerkt leicht, daß das des untern Theils sich nicht in seiner Längenrichtung in das des obern hineinschieben läßt, weil die erwähnten Backen Theile auf einander stoßen würden. Die Verbindung ist aber in der Art zu bewirken, daß man beide Theile so weit übereinander legt, daß diese Backen sich nicht mehr treffen, alsdann man den Kopf des untern Theils zwischen die Arme des schieben, worauf die erwähnten Federn in die Nuthen eingreifen und der Raum zum Eintreiben der Keile frei wird.

Um zu verhindern, daß der Kopf des untern Theils das sich nicht aus dem Schlitz des obern entfernt, genügt an der Federn und Nuthen ein hindurchgezogener Bolzen, wie Gelegenheit der Verankerung Fig. *f* auf Taf. XLVI dargestellt. Das Bolzenloch im mittlern Theil muß alsdann aber lang ausfallen sein, damit die Verkürzung des Zugbandes erfolgen kann.

Bei Anwendung der Schrauben bolzt man zuweilen auch Schienenstücke, die im rechten Winkel umgebogen sind, an den Köpfe der Wendesäulen. Man zieht durch dieselben Schraubengewinde versehenen Enden der Zugbänder hindurch und stellt mittelst Schraubenmutter die erforderliche Spannung her. Im Falle, daß das Zugband im Innern des Thors angebracht ist, durch die Riegel hindurchgezogen ist, läßt man es auch an

bar durch den vortretenden Kopf der Wendesäule greifen, und wenn man auf diesen eine eiserne Scheibe legt, bringt man hier Schraubenvorrichtung zum Nachziehen des Bandes an.

Vortheilhafter ist es, jedes Zugband aus zwei Theilen bestehen zu lassen, die unter sich durch ein Schloß verbunden sind, woran eine Schraube sich befindet. Es kommen hiebei verschiedene Modificationen vor. Gemeinhin besteht das Schloß aus einem langen Ring, der an beiden oder wenigstens an einem Ende eine Schraubenmutter bildet. Wenn er nur eine Schraubenmutter hat, so ist der Ring am andern Ende durchbohrt, und in dieses Bohrloch ist eine cylindrisch bearbeitete und mit einem Kopf versehene Stange des obern Theils des Zugbandes. Der untere Theil des Zugbandes ist am obern Ende gleichfalls cylindrisch geformt, doch ist er mit einem Schraubengewinde geschnitten, auf welches jene paßt. Man zieht also dieses Schloß mittelst einer durchgesteckten Brechstange an, so zieht es sich auf die Schraube weiter auf und vergrößert dadurch die Länge des Zugbandes.

Gewöhnlich verweicht man beide Enden der Zugstange mit Schraubengewinden, und die betreffenden Muttern befinden sich an gegenüberstehenden Seiten des Ringes oder Schlosses, das man in diesem Fall eine Schnalle nennt. Damit beim Drehn des Schlosses die beabsichtigte Verkürzung des Bandes erfolgt, dürften die beiderseitigen Gewinde nicht übereinstimmen. Gemeinhin ist die eine Schraube rechts, die andre links gewunden. Bei einmaligem Drehn des Schlosses verlängert oder verkürzt sich daher das Band um die Summe der Steigungen beider Gewinde. Wenn dagegen den Schraubengängen gleiche Richtung, aber verschiedene Steigung giebt, so ist die Verkürzung beim einmaligen Umdrehn des Schlosses nur der Differenz der beiden Steigungen gleich. Man stellt sich also bei der letzten Anordnung durch die gleiche Kraft einen bedeutend stärkeren Zug dar.

Vielfach giebt man dem erwähnten Schloß nicht die einfache Form eines Ringes, verbindet vielmehr die einander gegenüberstehenden Scheiben, welche die Schraubenmutter bilden, durch vier Stangen, wodurch der Vortheil erreicht wird, daß man die Hebel zum Anheben des Schlosses bequemer einstellen kann.

Fig. 329 zeigt ein Schloß mit zwei Armen und den in entgegengesetzter Richtung geschnittenen Schrauben. In Fig. 330 ist

dagegen eine andre Anordnung dargestellt, die sich von jener dadurch unterscheidet, daß das Schloß nicht mit den beiden Schraubenmuttern, sondern mit den beiden Schraubenspindeln verbunden ist, zwischen welchen sich ein stärkerer Cylinder befindet, der mit zwei sich kreuzenden Bohrlöchern versehen ist. In letztere wird der zum Drehn des Schlosses dienende eiserne Hebel eingesetzt. Die Schraubenmuttern befinden sich in den Ansätzen, welche auf die Enden beider Theile der Zugstange aufgeklaubt und durch Schraubenbolzen damit verbunden sind, wie Fig. 330 b zeigt. Die Höhe dieser Ansätze ist ihrer Breite gleich und stimmt auch mit dem Durchmesser jenes Cylinders überein. Letzterer wird daher nicht gegen die Bekleidung des Thors gedrückt. Der Vorzug dieser Anordnung, die bei den Schleusen des Tarn, eines Nebenflusses der Garonne, gewählt ist, besteht darin, daß man den dem Schloß zugekehrten Enden der beiden Theile des Zugbandes größere Breiten geben kann, sie sich also auf den Belag der Thore sicher auflegen und nicht gedreht werden. Bei den runden Zugbändern ist nämlich immer zu besorgen, daß sie beim Drehn des Schlosses, besonders wenn sich Rost an die Schrauben angesetzt hat, an dieser Drehung Theil nehmen und dadurch wesentlich geschwächt werden.

Besteht das Zugband aus einer einfachen Eisenstange, der man durch Muttern an ihren Enden die nöthige Spannung giebt, wie Fig. f, g und o auf Taf. XLVI zeigt, so kann man denselben hinter dem Gewinde einen quadratischen Querschnitt geben, wodurch gleichfalls das Drehn verhindert wird.

Ferner begegnet man dem Sacken der Thore dadurch, daß man den obern Rahm rückwärts über die Wendesäule verlängert, und ihn am Ende so stark beschwert, daß er dem Thor vollständig, oder doch wenigstens zum Theil das Gleichgewicht hält. Diese Verlängerung des Rahms dient dabei zugleich zum Drehn des Thors, woher man sie den Drehbaum nennt. Bei kleinern Canal- und Flußschleusen ist diese Einrichtung sehr üblich, und sie gewährt in der That große Bequemlichkeit und Sicherheit. Die Figuren 311 und 312 auf Taf. XLIV lassen die Anordnung mit hinreichender Deutlichkeit erkennen. Häufig bringt man aber außer dem Drehbaum auch noch eine Strebe an. Als Beispiel dieser Anordnung ist in Fig. 331 auf Taf. XLVII eines der Thore einer 15 Fuß weiten Canalschleuse bei Zwolle dargestellt. Das Thor ist insofern

ders bequem angeordnet, als hier eben so wie an den Thoren des *Lechdale Canals* (Fig. 312) der Drehbaum auch die Vorrichtung zum Öffnen des Schützes trägt, und letzteres gehoben werden kann, ohne daß man auf das Trittbrett steigen darf.

Der über das Thor hinaus tretende Drehbaum wird nicht präparirt bearbeitet, vielmehr kommt es darauf an, ihn möglichst leicht zu halten, und man läßt daher dem Stammende die volle Länge, indem dasselbe nur soweit behauen wird, daß die auffallenden Uuregelmäßigkeiten verschwinden. Es ist auch keineswegs nöthig, wenn das Stück gekrümmt ist, vielmehr erreicht man durch noch den Vortheil, daß das Ende des Drehbaums, woran das Thor bewegt, etwas höher gehoben und sonach das Fahren und Schieben desselben erleichtert wird. Zu demselben Zweck kann man auch wohl den Drehbaum, wenn er grade ist, nicht horizontal, sondern schräge an das Thor zu befestigen, so daß derselbe an der Wendesäule eine größere Höhe, als an der Schlag- säule hat. In Ermangelung hinreichend langer und schwerer Hölzer kann der obere Rahm zuweilen nur einige Fuß weit über die Wendesäule, und der eigentliche Drehbaum ist mit Schraubenbolzen an der Schlag- säule befestigt. Diese Anordnung, die ich bei einer kleinen Schleuse in der Nähe bei Manchester sah, gewährt noch den Vortheil, daß der Drehbaum an der Stelle, wo die Gefahr des Bruches am größten nämlich über der Wendesäule, sehr kräftig verstärkt wird.

Auf das hintere Ende des Drehbaums wird häufig ein hölzerner Kasten aufgesetzt, den man mit Steinen anfüllt, um das Gegengewicht zu verstärken. Die Verbindung des Drehbaums mit der Wendesäule wird durch einen Zapfen gebildet, der aus dieser in den Drehbaum greift, außerdem muß man aber noch einen starken Bügel über legen, da der Zapfen beim Drehen des Thors einem starken Drucke ausgesetzt wird. Das vordere Ende des Drehbaums ist gewöhnlich mit einem Zapfen und einer aufwärts gekehrten Nut in die Schlagsäule, und beide werden noch durch einen gelegten Bügel mit einander verbunden.

Es ist an sich klar, daß der Drehbaum seine beiden Zwecke leichter erfüllen kann, so lange das Thor keine große Breite hat. Wenn diese 9 Fuß oder darüber beträgt, so wird das Gewicht des Thors schon so groß, daß die Darstellung eines angemessenen Gegengewichts sehr schwierig ist, ohne den Hebel im Unterstützungs-

punkt der Gefahr des Brechens auszusetzen. Diese Gefahr ist um so grösser, als gerade hier ein Zapfenloch zur Darstellung der Verbindung mit der Wendesäule in den Drehbaum eingesetzt werden muß. Andererseits wird der Widerstand des breiten Thors bei der Bewegung desselben auch so groß, daß zur Ueberwindung desselben Vorkehrungen getroffen werden müssen, an welchen Nachtheil stärkere Kräfte in Wirksamkeit treten dürfen. Es muß aber noch daran erinnert werden, daß man Thore mit stark belasteten Drehbäumen vorsichtig behandeln und verbinden muß, um sie heftig zuschlagen, weil alsdann der Drehbaum wegen des großen Trägheits-Momentes seiner Belastung abbrechen würde.

Bei großen Schleusen wird das Versacken der Thore vornehmlich durch Rollen oder Räder unter denselben verhindert. In England wird jedes größere Schleusenthor in der Nähe der Wendesäule von einer Rolle getragen, und zwar geschieht dieses bei größeren Canalschleusen, während man in Frankreich bei Thoren von Hafenschleusen in solcher Art unterstützt.

Das Thor findet, während es nicht bewegt wird, allerdings eine sehr sichere Unterstützung in der Rolle, bei seiner Bewegung man sich aber von dieser nicht unbedingt eine große Erleichterung versprechen, und zwar zunächst weil das Verhältniß zwischen dem Durchmesser der Rolle und dem ihrer Achse in sehr beschränkten Grenzen zu bleiben pflegt, woher also die Reibung nicht unbedeutend ist. Sodann aber ist eine Ablagerung von Schlamm, Sand und oft sogar von Kies in den Thorkammern nicht zu vermeiden, dadurch wird die Bewegung der Rolle noch mehr gehindert. In beiden Beziehungen bildet sich der Widerstand am unteren Ende des Thors und selbst in noch größerer Tiefe. Wollte man dadurch überwinden, daß man, wie bei uns immer geschieht, den Zug zum Oeffnen oder Schließen des Thors auf den Kopf der Wendeschlagsäule wirken liesse, so würde das Thor stark gebogen und dadurch seine Verbindung in Kurzem gelöst werden. Aus diesem Grunde ist man gezwungen, sobald die Unterstützung durch die Rolle gewählt wird, eine andre Art des Oeffnens der Thore zu führen, wobei sie, wie in England in solchem Fall immer geschieht, unter Wasser und oft sogar ziemlich nahe über dem unteren Ende gefaßt und gezogen werden.

Es entsteht zunächst die Frage, an welcher Stelle des

angebracht werden soll. Jedenfalls bildet der Zapfen Wendensäule eine eben so sichere, und bei der Bewegung der hinderliche Unterstützung, als die Rolle. Von einer des erstern durch letztere kann daher nicht die Rede dient vielmehr nur dazu, das Versacken des überhängen- zu verhindern. Hieraus ergibt sich schon, daß man möglichst nahe an die Schlagsäule bringen muß. Welchen würde sie freilich noch zweckmäßiger stehn, doch wenigstens bei holzernen Thoren, ihre Befestigung dasselbe Schwierigkeiten, als unter dem untern Rahm.

Es bleibt noch zweifelhaft, ob die Rolle in die Mitte des Thors gestellt, oder daraus mehr oder weniger entfernt werden darf. Wenn es nothwendig wäre, jeden Seitendruck in Halsbände, wie im untern Zapfen aufzuheben, so würde die Beziehung der passendste Ort für die Rolle sich ergeben, an eine grade Linie durch den Zapfen und die Projection des Punktes vom Thore zöge, und in die Verlängerung derselben die Rolle stellte. Diese Rücksicht ist indessen keineswegs und, insofern eine geringe Versetzung keinen nachtheiligen Effect veranlassen kann. Dagegen sind andre Umstände hier von wesentlicher Bedeutung. Jedenfalls muß die Rolle so befestigt werden, daß sie den dichten Schluß des untern Rahms gegen die Schwelle nicht behindert, sie darf daher vor den erstern dem Unterwasser zugekehrten Seite nicht vortreten. Auf der überstehenden Seite ist ein solches Vortreten nicht nachtheilig, und wenn die Thore cylindrisch gekrümmt sind, würde bei der Stellung auch der erstgenannten Bedingung noch genügt werden. Daß die Thornische alsdann einen besondern, weiter gehenden Raum zur Aufnahme der Rolle erhalten muß, ist nicht so hinderlich anzusehn, da ein solcher sich leicht darthun läßt. Bei den in neuerer Zeit angeführten größern Schleusen hat die Rolle in der That diese Stellung erhalten, man so früher stets unter den untern Rahm zu legen

der ältern Methode zur Aufstellung der Rollen war deren durch den freien Raum unter dem Thor beschränkt, und verminderte sich noch mehr, indem man die Bahn, auf die die Rolle bei der Bewegung des Thors läuft, noch etwas

über den Thorkammerboden erhöhte, um sie einigermaßen lagerungen von Sand u. dergl. zu schützen. Der Durchmesser der Rolle mußte daher auf einen halben Fuß und äußerlich auf 9 Zoll beschränkt werden, indem aber die Achse steif sein mußte, um das Gewicht des Thors zu tragen, so daß das Verhältniß des Durchmessers der Rolle zu dem der Achse 2 zu 1, oder im günstigsten Falle wie 3 zu 1 heraus. Eine natürliche Folge hiervon war, daß die Achsen-Reibung übermäßig blieb, und die Rolle sich nicht leicht drehte, vielmehr nur auf der Bahn schleifend fortgezogen werden mußte. So wurde das Thor durch kräftige Winden in Bewegung gesetzt, woselbst es zuerst merklich gebogen. und nur wenn es dadurch gespannt war, daß der Widerstand, den es der ferner Bewegung entgensetzte, dem der Reibung an der Rolle gleich wurde, bewegte sich die letztere. Sie nahm aber keineswegs eine gleichförmige Bewegung an, vielmehr erfolgte die Drehung nur stoßweise, was theils der Augenschein schon erkannte, wovon man sich aber noch deutlicher überzeugt, wenn man auf das Thor stellt.

Bei größern Französischen Schleusen hat man aus dem Grunde die Wirksamkeit der Rolle dadurch zu beschreiben gesucht, daß sie anfangs, so lange die Verstrebung des Thors durchsacken desselben noch verhindert, die Bahn gar nicht berührt. Sie stellt sich erst später, wenn die Durchbiegung erfolgt, auf die Bahn auf und verhindert alsdann ein weiteres Herabfallen des Thors. Der hierdurch erreichte Vorthail scheint indessen keineswegs bedeutend zu sein.

Bei der Hafen-Schleuse zu Rochelle hat man die Achse gewählt, daß die Rolle zur Hälfte ihrer Höhe in den unteren Raum eingelassen ist. Sie hindert dabei keineswegs den Wasserstrom gegen die Schlagschwelle, indem der Rahm hinreichende Breite hat, um die Rolle zu überdecken. Der Durchmesser der letztern beträgt 10 Zoll.

Die Befestigung der Rolle gegen den untern Raum ist keine Schwierigkeit. Es ist dabei nur zu bemerken, daß die Rollen in diesem Fall gemeinhin nicht kegelförmig nach einer Kugelfläche zwischen den beiden ebenen Enden gedreht sind, wodurch es entbehrlich wird, der Bahn

nige Oberfläche zu geben. Eine starke Achse aus Schmiedeeisen durch die Rolle hindurchgezogen und dreht sich in Pfannen, welche an eine Platte angegossen sind. Letztere ist mittelst einer Bolze an die untere Fläche des untern Rahms befestigt. Sonst, wenn nöthig ist, die Rolle etwas zu heben oder zu senken, um sie in der passendsten Weise zu belasten, muß jedesmal das Thor gehoben werden.

Wie oben bekannt, ließ Telford zuerst in den Schleusen des Caithness Canals die Rolle vor die dem Oberwasser zugekehrte Thorfläche treten. Um das Thor darauf zu stützen, ließ er eine $7\frac{1}{2}$ Fuß lange und nahe 1 Fuß breite Platte an, welche an zwei Seitenwände und eine Querwand zwischen denselben, in der halben Höhe der Platte angegossen war. Die Seitenwände, welche neben der Querwand, eben so wie letztere, 7 Zoll hoch sind, nehmen weiterhin eine geringere Höhe an, setzen sich aber der ganzen Länge der Platte fort, und bilden hier drei aufgekehrte Haken, womit sie über drei der mittlern Riegel des Thors greifen. Die Figuren 307 und namentlich *d* zeigen dieses. Die erwähnte Mittelwand desselben ruht auf dem mit Eisen beschlagenen Kopfe eines 9 Zoll breiten und 8 Zoll starken hölzernen Stieles, welcher auf der Rolle aufsteht. Der Fuß desselben ist mittelst vier Schrauben an einen gußeisernen Schuh befestigt, der theils zur Verlängerung des Pfannenlagers für die Achse der Rolle, theils aber auch an beiden Seiten mit Federn versehen ist. Die Federn greifen unter die vortretenden Ränder einer gußeisernen Platte, die über der Bekleidung des Thors an die beiden unteren Winkel durch Schrauben befestigt ist. Der erwähnte Stiel wird durch einen am Thor festgehaltenen, kann jedoch abwärts bewegt werden, wenn man das Thor durch die Rolle kräftiger unterstützen will. Zu diesem Zweck sind zwei gegen einander gekehrte eiserne Keile an den Kopf des Stieles und jene Mittelwand des obenerwähnten Thors getrieben. Durch schärferes Eintreiben derselben wird der Druck des Thors gegen die Rolle vermehrt, so wie man durch Zurücktreiben der Keile diesen Druck vermindern kann. Die Rolle, welche in diesem Fall vor dem Thor liegt, konnte nicht höher, als der Spielraum unter dem untern Rahn gehalten werden. Ihr mittlerer Theil, der auf der Bahn läuft, bildet einen Cylinder von 20 Zoll Durchmesser und 4 Zoll Breite. Der

Mantel desselben ist aber nach einer Kugelfläche geformt, er bei der Bewegung über die gekrümmte Bahn nicht zu Reibung erfährt. An jede Seite der Rolle setzt sich noch ein Kegel an, so daß die ganze Breite derselben nahe 9 Zoll ist. Die Achse besteht aus Stahl, hält 3 Zoll im Durchmesser, ist in der Rolle festgekeilt. Sie läuft in zwei Pfannen aus Schmelzeisen, die eben so wie die Pfannendeckel in gewöhnlicher Weise auf den vortretenden Wänden jenes Schubes befestigt sind, der hölzerne Stiel steht.

Zu erwähnen ist noch, daß der untere Riegel an der Stelle, wo die Rolle sich befindet, anders geformt werden mußte, letztere den nöthigen freien Raum zu bilden. Die hölzerne gebolzte Schwelle wurde aber keineswegs in ihrer ganzen Länge durchschnitten, woher der wasserdichte Schluß des Thors die Rolle nicht unterbrochen ist.

Sehr genau dieselbe Einrichtung ist auch bei den Thoren St. Katharine's Docks gewählt worden, welches unter Thors Mitwirkung ausgeführt ist. Die Rollen sind hier aber etwas kleiner und halten 24 Zoll im Durchmesser.

Bei den Thoren des Docks zu Hull ist die Einrichtung in mancher Beziehung hiervon abweichend. Die Rolle hat nur 18 Zoll Durchmesser und trägt eine starke Eisenstange, die durch 12 Führungen bis gegen den zweiten Riegel heraufreicht und als Schraubenspindel bearbeitet, wie Fig. 309 b zeigt. Am zweiten und dritten Riegel ist ein gußeiserner Rahmen b, der auf einer starken messingenen Schraubenmutter ruht. Umdrehn der letztern kann man die Rolle in die gewünschte Lage einstellen.

Sehr nahe stimmt hiermit die Befestigung der Rollen an den Thoren des Docks zu Montrose überein. Die Rollen haben 24 Zoll Durchmesser und sind kegelförmig abgedreht. Sie bestehen aus Gußeisen, ihre Achsen dagegen aus Stahl. Das gußeiserne Lager trägt eine durch mehrere Führungen gesicherte starke Stange aus Schmiedeeisen, die oben wieder in eine Schraubenspindel ausläuft. Die Mutter, aus Messing bestehend, sitzt oben gegen einen gußeisernen Rahmen, und trägt desselben das Gewicht des Thors. Der Pfannenträger des Thors wird aber durch eine gußeiserne Scheibe, unter deren

ist, in der gehörigen Richtung gegen die Thorfläche ge-

entlich verschieden von den beschriebenen Anordnungen. Unterstützung der Thore durch Rollen sind diejenigen, die man in England vielfach ausgeführt sieht. Auch hier ist die Rolle auf einem Stiel, auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite des Thors befestigt. Derselbe besteht aus Holz, das Eigenthümliche ist aber, daß sein Kopf nicht unmittelbar mit den obern Rahmen des Thors verbunden ist, sondern vielmehr mit einem langen eisernen Hebel, der bald über dem obern Rahm, bald in demselben und dem ersten Riegel angebracht ist. Auch ist noch insoweit Verschiedenheiten dabei vor, als jener Stiel den Stützpunkt des Hebels bildet, also durch das Moment des Arms belastet wird, bald aber auch der kurze Hebelsarm den Stiel herabdrückt, indem eine kräftige Schraube den langen hebt. Ein Vorzug dieser Einrichtungen gegen die früher beschriebenen liegt darin, daß der Druck der Schraube im Verhältnis zur Länge der Hebelsarme verstärkt wird, die Schraube also leichter zu bewegen, oder die Rolle bequemer einzustellen ist. Im Gegentheil, wenn die Rolle mittelst jenes Baums den Stützpunkt des Hebels bildet, so wird das Thor neben der Schlagsäule durch den kürzern Hebelsarm stets mit einer sich gleich bleibenden Kraft gehoben. Dieses geschieht auch noch, wenn die Bahn, auf der die Rolle läuft, nicht ganz horizontal liegen sollte, die Rolle bald etwas höher, bald etwas niedriger stände. Man bemerkt, daß eine solche Gleichmäßigkeit in der Belastung der Rolle in den früher beschriebenen Einrichtungen nicht zu erreichen ist, daß dabei der Druck des Thors sich wesentlich vergrößert, so- bald eine Erhöhung in der Bahn stattfindet, und die Rolle auftritt.

Man hat eine ähnliche Einrichtung auch bei den Thoren der neuer Zeit erbauten Schleuse des Coburg-Docks angewendet, welche wegen der großen Weite der Schleuse und wegen der großen Thore eine besonders wirksame Unterstützung derselben erforderte. Diese Thore, aus Holz bestehend, sind schon oben beschrieben worden. Die Art, wie die Rollen daran befestigt sind, ist Fig. 333 auf Taf. XLVII dargestellt. *a* zeigt die Ansicht des Hebels, *b* die Seitenansicht desselben und seine

Verbindung mit dem Stiel, welcher auf der Rolle aufsteht. Letzteren bemerkt man in Fig. e, welche die Fortsetzung von Fig. b bildet. Fig. d ist die Ansicht dieses Stiels und der Rolle in der Längenrichtung des Thors und c ein vertikaler Querschnitt durch die Stütze, welche mit dem kürzern Arm des Hebels verbunden ist.

Man bemerkt zunächst aus Fig. a, wie die Krümmung des Thors vortheilhaft benutzt ist, um die Verbindung des Hebels mit der Säule, die auf der Rolle steht, möglichst nahe an die dem Oberwasser zugekehrte Seite des Thors zu bringen. Dasselbe ist auch bei den erwähnten ältern Anordnungen dieser Art an den Liverpoolschen Schleusen stets der Fall.

Die Rolle, welche das Thor trägt, befindet sich nicht, wie gewöhnlich, möglichst nahe an der Schlagsäule, ist vielmehr noch 11 Fuß davon entfernt, wie Fig. 332 zeigt. Sie verhindert daher nicht nur das Sacken des Thors, sondern entlastet zum Theil auch den Zapfen. Die eigenthümliche Anordnung des letztern soll hierin Veranlassung gegeben haben.

Der Hebel, aus Gufseisen bestehend, und sowohl in vertikaler, als horizontaler Richtung durch weit vortretende Rippen verstärkt, ist $16\frac{1}{2}$ Fuß lang. Sein kürzerer Arm trägt mittelst einer gusseisernen Stütze, die man Fig. c im vertikalen Durchschnitte sieht, das Thor. Diese Stütze ist zwischen die beiden obern Riegel eingeschoben und mittelst Schraubenbolzen daran befestigt. Zwei andre gusseiserne Stützen, die man Fig. a im horizontalen Querschnitte sieht, umfassen an zwei Stellen den Hebel und dienen dadurch theils zu seinem Schutz, theils halten sie ihn an seiner Stelle, ohne seine Bewegung in vertikaler Richtung zu verhindern. Im Innern der äußern Stütze ist der Hebel gabelförmig gespalten, und zwischen seinen beiden Armen ist mittelst zweier darin eingreifender Achsen eine messingne Schraubenmutter befestigt. In letztere greift eine eiserne Schraubenspindel ein, die sonach die Unterstützung des längeren Hebelsarmes bildet. Durch Umdrehn der Spindel kann man jene erste Stütze und mit ihr das ganze Thor so weit heben, als nöthig ist.

Die Länge des kürzern Hebelsarmes beträgt nur 1 Fuß 3 Zoll. Die Drehung des Hebels erfolgt um eine Achse, die sich über dem Stiel, also über der Rolle befindet. Der Kopf des Stiels besteht aus zwei gusseisernen Blöcken, die durch drei gegen einander ge-

Keile unter sich verbunden sind. Eine Kröpfung war hier zu vermeiden, indem der Hebel noch innerhalb der äußeren Säule, die Säule dagegen außerhalb derselben angebracht werden sollte. Der untere Theil des Kopfes ist gespalten und umfaßt die innere Säule, die senkrecht bis zum Fuß des Thors herabsteht. Dieselbe ist 1 Fuß breit, oben 9 Zoll und unten 1 Fuß hoch. Sie liegt ihrer ganzen Länge nach frei auf der Fläche des Bodens ohne irgendwo durch einen Bügel, oder auf andre Weise zu werden. Dieses ist insofern auch nicht nöthig, als ihre Enden sehr sicher befestigt sind, nämlich der Kopf an dem beschriebenen langen Hebel, und der Schuh, in welchen sie eingelenkt ist, an einem zweiten kürzern Hebel.

Der erwähnte Schuh setzt sich bis zum untern Rande des Bodens, er ist aber unterhalb der Platte, auf welcher der hölzerne Hebel aufsteht gespalten, und seine beiden Arme halten die Platte, um welche der letzterwähnte kurze Hebel sich drehn kann.

Der Hebel ist wieder zweiarinig und sein Stützpunkt ist die Mitte der Rolle. Der eine Arm trägt, wie eben beschrieben, den langen Stiel, und der andre, der in einen Cylinder ausläuft, trägt eine über denselben greifende Pfanne den untern Rahmen des Thors.

Diese Anordnung ist von der früher beschriebenen wesentlich verschieden, da nur die Hälfte des Drucks, den das Thor ausübt auf die Säule übertragen wird, die andre Hälfte dagegen unmittelbar auf den untern Rahmen trifft. Ein zweiter Vortheil, der hier erreicht wird, besteht darin, daß die Rolle mit dem Thor verbunden ist, und keine besondere Befestigung der Säule, oder des Schuhs gegen das Thor erforderlich wird.

Die Rolle, 2 Fuß hoch, ist eigenthümlich angeordnet, indem sie aus zwei Rollen besteht, die durch eine gemeinschaftliche Achse miteinander verbunden sind. Auf letzterer liegt die Pfanne, die den erwähnten kurzen Hebel eingelassen ist, und dieser, wieder auf einer Pfanne bestehend, ist so hochkantig geformt, daß ein Durchgleiten desselben nicht besorgt werden kann. Die beiden Rollen sind nicht cylindrisch, sondern kegelförmig abgedreht, und zwar auf der Fläche eines Kegels, dessen Spitze in der Drehungsachse des Thors liegt.

Die Bahnen, auf welchen beide Rollen laufen, sind durch eine auf beiden Seiten gebogene sehr schwere Schiene gebildet. Dieselbe

ist 2 Fuß breit und 6 Zoll hoch. Indem ihre Mitte von den Rollen nicht berührt wird, so konnte sie hier, nämlich in der Mitte zwischen beiden Bahnen durch Bolzen befestigt werden, die in die Werksteine eingelassen und darin vergossen hatte.

Diese Befestigung der Bahn kann nicht gewählt werden, da nur eine Rolle das Thor trägt, die also in der Mittellinie der Schiene läuft. Es bleibt alsdann nur übrig, die Schiene entweder zu verbreitern, oder sie mit Lappen zu versehen, in welche die Bolzen eingreifen. Man pflegt alsdann die Lappen abwechselnd auf der einen und der andern Seite anzubringen. Jedenfalls muß sowohl auf die sichere Befestigung, als auch auf die genaue Bearbeitung der Schiene große Vorsicht verwendet werden, weil dieses die Rolle soviel Widerstand findet, daß ihr Nutzen fast verlohren geht. Die Anwendung gußeiserner Bahnen, wie solche in früherer Zeit üblich waren, ist insofern nicht zu empfehlen, als der Bruch derselben bei starken Erschütterungen, die nicht ganz zu vermeiden sind, besorgt werden muß.

Endlich hat man in neuester Zeit zuweilen, jedoch wohl nur bei großen Schleusenthoren, ein andres Mittel angewendet, um das Sinken der Sacken derselben zu verhindern. Es besteht darin, daß man das Thor nicht nur auf der Seite nach dem Oberwasser, sondern auch nach dem Unterwasser mit dichter Bekleidung versieht, und so durch im Innern einen wasserdicht abgeschlossnen Raum darstellt. Wird derselbe ausgepumpt, so vermindert sich das Gewicht des Thors, und bei der gewöhnlichen Stärke der Riegel kann bei hohem Wasserstande vor dem Thor das Gewicht so weit vermindert werden, daß es demjenigen des verdrängten Wassers gleichkommt. Es würde allerdings nicht angemessen sein, das Gewicht des Thors auf diese Art ganz aufzuheben, oder es zu erleichtern, daß es aufschwimmt, weil es in diesem Falle aus dem Halsband ausheben könnte, dagegen liegt ohne Zweifel ein großes Vorthail darin, den Druck des Thors beliebig vermindern zu können, und dadurch sowohl die Bewegung desselben zu erleichtern, als auch dem Sacken vorzubeugen. Man kann aber in der That den Druck des Thors beliebig darstellen, indem man nicht das Wasser auspumpt, sondern eine angemessene Quantität davon noch darin läßt. Es darf kaum erwähnt werden, daß der Druck, der das Thor aufwärts unterstützt, oder dessen (

se aufhebt, bei geschlossnen Thoren allein vom Stande des Wassers abhängt, denn nur dieses tritt gegen die untere Fläche des Thors. Der Stand des Unterwassers bedingt dagegen die Bewegung zwischen den Thoren und den Wendischen und Schlagthoren. Ein Heben der Thore wird demnach weniger zu besorgen sein, wenn das Unterwasser niedrig, als wenn es hoch steht. Unterwasser tritt nur gegen die vertikale Fläche des Thors, Druck des Erstern kann daher das Letztere unmittelbar weder heben noch senken.

Um den aufwärts gekehrten Druck des Wassers in der besprochenen Weise zur Unterstützung des Thors zu benutzen, muß man dafür sorgen, daß jeder beliebige Wasserstand im Innern sich leichtigkeit darstellen läßt, und dieses geschieht, indem man eine Pumpe einstellt, die bis zum untern Rahm oder der Klappe herabreicht, als auch in gehöriger Tiefe ein Ventil zum Einlassen des Wassers anbringt, das man beliebig öffnen und schliessen kann.

Bei dieser Anordnung wird die Bewegung großer Thore sehr erleichtert, wenn man aber zum jedesmaligen Füllen des Thors Wasser benutzt, wie namentlich bei Dockschleusen kaum zu vermeiden ist, so tritt der Uebelstand ein, daß die erdigen Theile, im Wasser schweben, im Thore niederschlagen, und nach und nach in so hohem Grade sich anhäufen, daß das Thor stärker belastet wird, als wenn es in gewöhnlicher Weise nur mit einer Beladung erbaut wäre. Man muß daher noch dafür sorgen, daß das Thor von Zeit zu Zeit gereinigt werden kann. Hierzu dienen die Kanstenge-Öffnungen ähnlich den Manulöchern in den Dampfmaschinen.

Durch die bisher beschriebenen Vorrichtungen werden die Thore während und in gleicher Weise unterstützt, mögen sie geöffnet oder geschlossen sein, oder bewegt werden. Bei diesen verschiedenen Zuständen ist indessen die Gefahr des Versackens keineswegs groß, und im Allgemeinen darf man wohl annehmen, daß der einzige Zustand in dieser Beziehung am gefährlichsten ist, in welchem das Thor die längste Zeit hindurch sich befindet. Die Veränderung erfolgt nämlich dadurch, daß die Verbindung im Nachgeben einzelner Theile und namentlich beim Eindrücken der Bolzen und Nägel in die berührenden Holzflächen gelockert wird.

wird. Ein Zustand, der nur kurze Zeit anhält, wie das Oeffnen und Schliessen der Thore, ist demnach, wenn dabei nicht etwa ein heftiges Stossen oder starkes Biegen eintritt, am wenigsten bedenklich. Viel wichtiger ist es, die Thore in solchen Stellungen, die sie lange Zeit hindurch einnehmen, gehörig zu unterstützen. Wenn die Thore geschlossen und zugleich einem merklichen Wasserdruck ausgesetzt sind, so verhindert schon die hierdurch veranlasste Reibung zwischen dem untern Rahm und der Schlagschwelle das Herabsinken des Thors, und sonach kommt es vorzugsweise nur darauf an, letzteres, wenn es geöffnet ist, noch möglichst sicher zu unterstützen. Dieses Bedürfniss stellt sich bei solchen Thoren, die nur zur Zeit der höchsten Wasserstände benutzt werden, um so dringender heraus, als sie auch besonders schwer sind, und bei den gewöhnlichen Wasserständen nur zum kleinsten Theile eintauchen, daher beinahe ihr volles Gewicht fast beständig in den Zapfen und Halsbändern hängt.

Eine solche Unterstützung der Thore in den Thornischen ist leicht darzustellen. Am häufigsten versieht man zu diesem Zweck die Schlagsäule an der dem Oberwasser zugekehrten Seite mit einem kurzen, aber starken eisernen Arme, der, wenn das Thor geöffnet ist, über die Mauer tritt. Durch diesen Arm greift eine starke Schraube, die durch Umdrehn fest auf die Mauer der Thorkammer aufgestellt wird. Damit sie aber nicht etwa die Deckplatte sprengt, befestigt man darauf eine starke gusseiserne Scheibe, die mit einer dem Fuß der Schraube entsprechenden Höhlung versehen ist. Man erreicht dadurch noch den Vortheil, daß das Thor ganz sicher in der Nische gehalten wird. Soll es aber gebraucht und daher geschlossen werden, so muß zuerst die Schraube mittelst eines kräftigen Schlüssels gelöst werden. Zuweilen läßt man auch an der Schlagsäule die Schraubenspindel bis zum Thorkammerboden herabgehn. Diese Anordnung ist allerdings bedeutend kostbarer in der ersten Anlage und schwieriger in der Unterhaltung, sie gewährt aber den Vortheil, daß man das geschlossene Thor eben sowohl, wie das geöffnete unterstützen kann.

In manchen Fällen ist man gezwungen, noch eine andre Art von Unterstützung der Thore anzubringen, wodurch dieselben, wenn sie geschlossen sind, verhindert werden, sich von selbst zu öffnen. Im Allgemeinen wird das geschlossene Schleusenthor

den den Wasserdruck sehr sicher in seiner Stellung gehalten, selbst wenn der Wasserdruck aufhört, oder noch nicht eintreten ist, fehlt bei der geringen Bewegung des Wasserspiegels in Flüssen und Canälen gemeinhin jede Veranlassung, wodurch die Thore sich von selbst öffnen könnten. Wenn dagegen das Wasser in einem Flusse bis über den Wasserspiegel der nächsten Canal-Lücke steigt, so kann das Schleusenthor, welches nach der Canallücke aufschlägt, den Eintritt des Hochwassers in dieselbe nicht verhindern, und öffnet sich. Will man das Hochwasser vom Canal halten, so muß man noch besondere Fluth-Thore (§. 63) ansetzen.

Das wiederholte und wegen der damit verbundenen Stöße sehr nachtheilige Öffnen und Schließen der Thore tritt ein, wenn ein starker Wellenschlag sich bis an die Schleuse erstreckt, und der Wasserstand hinter den Thoren mit demjenigen vor denselben übereinstimmt. Sobald eine Welle gegen die Thore tritt, übt sie auf dieselben einen Druck aus, der ihrer Höhe über dem Innenwasserstande entspricht, sobald aber unmittelbar darauf die Senkung der Wasserfläche neben den Thoren erfolgt, wobei der Wasserstand an der äußern Seite niedriger, als an der innern ist, stellt sich ein Druck in entgegengesetzter Richtung ein. Die Thore werden demnach, und zwar eben sowohl, wenn sie Fluth-, als wenn sie Ebbe-Thore sind, von jeder Welle einmal aufgestoßen und einmal zurückgeworfen. Dabei tritt aber jedesmal Wasser hindurch, so daß die Niveau-Differenz sich immer ausgleicht, wenn nicht etwa das durch die Schleusenthore begrenzte Bassin eine bedeutende Ausdehnung hat, und sonach dauert in vielen Fällen diese Schlagen fort, wenn auch das äußere Wasser schon stark gesunken ist. Man könnte die Thore allerdings leicht dieser Gefahr entziehen, wenn man sie ganz öffnete, alsdann würde aber ihr späres Schließen noch gefährlicher werden. Die Schleusen eines Docks bestehen gemeinhin aus einem einzelnen Haupte, und müssen im Wasserstand der gewöhnlichen Fluth im Dock zurückhalten. Sobald auswärts derselbe Wasserstand eingetreten ist, öffnet man die Thore, um die Schiffe aus- und einzulassen, man schließt sie aber noch während des Hochwassers, damit die Schiffe im Dock zu bleiben. Dieses Schließen muß schon erfolgen, ehe ein starker Anfall des äußern Wassers eintritt, weil sonst die Strömung

in der Schleuse so heftig wird, daß die Thore mit Gewalt zerschlagen. Man ist demnach gezwungen, die Thore schon zu schliessen, während der Wasserstand an beiden Seiten nahe derselbe ist, und sonach die gegenlaufenden Wellen noch die Thore hin und her stoßen.

Bei Schleusen, die ihrer Lage nach nur selten von starken Wellenschläge getroffen werden, begnügt man sich, die vortretenden Köpfe der beiden Schlagsäulen zusammenzubinden, oder auch durch Anbringung leichter Absteifungen gegen die Schleusenmauern dieses Oeffnen der Thore zu verhindern. Wenn dagegen häufig ein starker Wellenschlag vor der Schleuse sich bildet, so muß man schon bei Erbauung derselben für passende und leicht in Wirksamkeit zu setzende Anordnungen dafür sorgen, daß dieser Gefahr jedesmal schnell und sicher begegnet werden kann. Haken oder Ueberwürfe an den Köpfen der Schlagsäulen, womit man diese mit einander verbindet, sind bei starkem Wellenschlage und an großen Thoren nicht als genügend anzusehn, indem letztere dabei noch durchbiegen und beschädigt werden können. Sicherer ist es, wie an der bereits wiederholentlich erwähnten Schleuse in Cherbourg geschehn, Riegel anzubringen, die neben den Rollen, worauf die Thore aufstehn, in eiserne Schuhe im Kammerboden geschoben werden. Die zum Schliessen der Thore dienenden Ketten können, wenn sie in angemessener Höhe das Thor fassen, dieses auch sehr sicher an seiner Stelle halten. Außerdem hat man aber zuweilen zu diesem Zweck noch besondere Arme in den Thornischen angebracht, die sich um senkrechte Achsen, an der der Wendenische gegenüber befindlichen Seite drehn, und wenn sie zurückgeschlagen sind, hinter dem Thor in der Thornische liegen. Sobald man diese vortreten läßt, berühren sie das geschlossene Thor, und indem sie sich gegen eine darauf befestigte und passend zugeschnittene Bohle fest aufsetzen, halten sie das Thor sehr sicher in seiner Stellung. Minard erwähnt, daß man bei dieser Einrichtung sogar Ebbethore als Fluththore benutzen und mit denselben einen etwas höhern äußern Wasserstand von dem Bassin oder Dock abhalten könne. Eine nähere Beschreibung dieser Vorrichtung wird bei Gelegenheit der Hafenbauten gegeben werden.

§. 71.

Oeffnen und Schliessen der Thore.

Unter den Widerständen, welche beim Oeffnen und Schliessen der Thore überwunden werden müssen, wäre zunächst die Reibung beider Zapfen zu erwähnen. Sie wirkt in der Nähe der Drehungsachse und verursacht daher, wenn sie auch an sich bedeutend sein sollte, bei dem langen Hebelsarme, womit die Thore gefasst werden, keinen erheblichen Widerstand. Sie ist von der Glätte der sich berührenden Flächen und zugleich von der richtigen Stellung der Zapfen, Pfannen und Halsbänder abhängig. Wenn diese sorgfältig bearbeitet und eingesetzt sind, haben sie auch eine so feste und sichere Lage, daß sie sich nicht verschieben, noch auch bedeutend abnutzen können, so ist durch sie veranlasste Reibung nicht bedeutend. Das Halsband wird, insofern es stets über Wasser liegt, leicht in gehöriger Form erhalten werden. Beim untern Zapfen und der Pfanne ist es nicht der Fall, doch wird, wie bereits erwähnt worden, die Pfanne vor dem Einhängen des Thors mit Seife eingestrichen. Geringe diese Achsen- und Zapfenreibung bei gewöhnlichen Leventhoren ist, ergiebt sich gemeinlich beim Einhängen derselben, bevor die Schleuse mit Wasser gefüllt wird. Man wird oft überrascht, welcher geringe Druck gegen die Schlagsäule die Bewegung des Thors schon genügt. In den Niederlanden wurde früher die Bedingung gestellt, daß selbst grössere Thore aus einer Thonpfeife, ohne daß diese zerbrach, gedreht werden konnten.

Die Reibung der Wendesäule gegen die Wendenische wegen der rauhen Oberfläche der letztern viel bedeutender als Zapfenreibung, doch wird der Widerstand, den sie bei der Bewegung des Thors verursacht, wieder dadurch gemässigt, daß sie am Anfange der Wendesäule, also in geringer Entfernung von der Drehungsachse wirksam ist. Man verhindert sie aber noch häufig durch Versetzung der Drehungsachse, in Folge deren sie nur ein wenig, sobald das Thor der Schlagschwelle sich nähert. Ausserdem ist stets einiger Spielraum im Halsbände zu bleiben, man läßt

auch wohl absichtlich einen solchen bestehn, und die Folge davon ist, daß beim Aufhören des Wasserdrucks das Thor etwas überweicht, und dadurch der obere Theil der Wendesäule sich von der Höhlung der Wendenische entfernt. Der untere Theil der Säule bleibt freilich in der Nische, er würde sogar, wenn auch hier ein Spielraum gelassen wäre, sich noch stärker hineindrängen.

Sehr bedeutend wird die Bewegung eines Schleusenthors erschwert, wenn die Drehungsachse nicht in der Richtung des Lothes liegt. alsdann bleibt nämlich der Schwerpunkt des Thors bei dessen verschiedenen Stellungen nicht in gleicher Höhe, und dasselbe muß bei gewissen Bewegungen gehoben werden. Der größte Widerstand, den ein Schleusenthor seiner Bewegung entgegensetzt, rührt von dem Wasser her, welches von der einen Seite fortgedrängt, auf die andre zu fließen gezwungen ist, dieser Widerstand ist von der GröÙe des Thors und von der Geschwindigkeit abhängig, womit dasselbe gedreht wird. Man vermindert ihn etwas, wenn man die Schütze während der Drehung geöffnet läßt, doch ist der Erfolg davon meist sehr unerheblich. Wichtiger ist es dagegen, den Thorkammerboden stets möglichst rein zu halten, da die Beweglichkeit des Thors überaus vermindert wird, wenn dasselbe in den flüssigen Schlamm eintaucht.

Das Wasser setzt noch in andrer Beziehung der Bewegung des Thors Widerstand entgegen. Die Thore werden nämlich geöffnet, sobald der Wasserstand an beiden Seiten sich ins Niveau gestellt hat. Die Hebung oder Senkung des Wasserspiegels in der Kammer erfolgt aber keineswegs gleichmäÙig. Sie tritt anfangs so lange die Niveaudifferenz noch bedeutend ist, rasch ein, verzögert sich aber nach und nach und geht endlich, wenn beide Niveaus beinahe in gleicher Höhe sich befinden, nur noch sehr langsam von statten. Man wartet daher gemeinhin den Zeitpunkt dieser vollständigen Ausgleichung nicht ab, und bemüht sich vielmehr, durch verstärkten Zug die Thore schon zu öffnen, während ein Wasserdruck von 1 Zoll oder auch wohl ein höherer noch davor steht.

In einzelnen Fällen, und namentlich bei Dockschleusen, tritt auch beim Schließen der Thore ein ähnlicher Druck ein. Wenn nämlich einige Strömung durch die Schleuse geht, so würden die Thore, sich selbst überlassen, heftig zuschlagen und der Gefahr

rechnens ausgesetzt sein. Um dieses zu verhüten, hält man das Thor zurück, staut dadurch vor demselben das Wasser auf, veranlasst in gleicher Weise, wie beim zu frühen Oeffnen des Thors einige Niveaudifferenz.

Wenn das Thor auf einer Rolle ruht, so entsteht bei der Bewegung noch ein neuer, und oft sehr bedeutender Widerstand aus Reibung der Rolle. Das ungünstige Verhältniß des Durchmessers der Achse zu dem der Rolle, wovon schon oben die Rede war, gestattet nicht, diese Reibung auf ein geringes Maass zurückzuführen und sie wird vollends noch wesentlich vermehrt, wenn die Bahn an sich uneben oder mit Sand bedeckt ist. Höchst ungünstig ist dabei noch der Umstand, daß dieser Widerstand nicht am untersten Rande des Thors und sogar noch unter demselben eintritt. Wollte man ihn daher durch einen Zug überwinden, wie gewöhnlich am Kopf der Schlagsäule angebracht wäre, so würde die Durchbiegung des Thors in höchst bedenklichem Grade zunehmen.

Es ergibt sich aus dieser allgemeinen Betrachtung der Widerstände, welche die Bewegung der Thore erschweren, daß dieselben bei sorgfältiger Ausführung und Aufstellung der Thore und gehöriger Beachtung wohl auf ein gewisses Maass sich beschränken lassen, die aber dennoch immer bedeutend bleiben und daher, namentlich bei großen Thoren, kräftige mechanische Vorrichtungen zur Überwindung nothwendig sind. Dabei ist zu beachten, daß dahin nur sehr beschränkte Kräfte zur Verfügung stehn, und noch immer verlangt wird, daß das Durchschleusen möglichst erleichtert werden soll.

Es ist keineswegs zweckmäßig, den Zug oder Druck, durch welchen das Thor geöffnet und geschlossen wird, auf den Kopf der Schlagsäule wirken zu lassen. Am obern Theil erfährt das Thor, von der geringen Reibung im Halsbände abgesehen, keinen Widerstand. Solcher tritt vorzugsweise unter Wasser ein, und in diesen Fällen bildet sich der stärkste Widerstand gerade in der Verbindung des Thors mit dem Boden. Bei kleinen Thoren ist die Verbindung verhältnißmäßig viel inniger und fester, als bei größern, woher die Bewegung in Folge der verschiedenen Höhen, in welchen Kraft und Widerstand das Thor treffen, in geringerem Maasse eintritt. Man pflegt daher, bei solchen die Kraft auf den obern Theil des Thors wirken

zu lassen, wo sie sich am einfachsten anbringen läßt. Bei großen Thoren, wie in Seeschleusen und namentlich Dockschleusen, wagt man aber nicht, dieses noch zu thun, vielmehr faßt man die Thore in einer den Widerständen entsprechenden Höhe. Auf diese Weise wird das Thor weniger angegriffen, und die jedesmalige Durchbiegung desselben, wenn auch nicht ganz verhindert, doch wesentlich verringert.

Unter den Vorrichtungen, deren man sich zum Drehen der Thore bedient, ist wegen der häufigen Anwendung zunächst der Drehbaum zu erwähnen, von dem bereits die Rede war.

Demnächst ist die Zugstange zu nennen, die besonders in Deutschland und Frankreich vielfach benutzt wird. Sie besteht in einer Stange oder einem schwachen Baume, der mittelst eines Bolzen an den Kopf der Schlagsäule befestigt ist. Indem man von der Schleusenmauer aus die Stange anzieht, so öffnet man das Thor, dasselbe wird aber geschlossen, sobald man sie zurückdrückt. Zur Erleichterung ihres Gebrauchs hat man sie mit verschiedenartigen Nebentheilen und mechanischen Vorrichtungen verbunden. Die einfachste darunter ist ohne Zweifel diejenige, welche man zu weilen noch vorfindet. Die Stange ist nämlich am Ende mit einem Querriegel versehen, um den Zug und Druck etwas bequemer daran ausüben zu können, als wenn man die Stange unmittelbar fassen müßte.

Häufig wird die Zugstange mit einer Winde in Verbindung gesetzt. Man befestigt nämlich ein Tau oder eine Kette, die zwei- oder dreimal um die Winde geschlungen ist, gegen beide Enden der Stange. Indem die Winde nach der einen oder anderen Seite gedreht wird, so schließt oder öffnet sich das Thor. Dabei ist es keineswegs nothwendig, daß das Tau oder die Kette gespannt ist, wobei die Stange gekrümmt und leicht zerbrechen würde, aber ganz schlaff darf das Tau auch nicht werden, weil in diesem Fall die Spannung in dem nicht angezogenen Theile derselben und damit zugleich die Reibung gegen den Umfang der Winde aufhören könnte, das Tau also darüber fortgleiten würde. Es ist daher angemessen, eine Vorrichtung anzubringen, wodurch die Spannung, soweit solche erforderlich ist, sich immer leicht darstellen läßt. Eine einfache Schraube ist hierzu am meisten geeignet.

71. Öffnen und Schliessen der Thore. 361

Winde kann hierbei eben sowohl horizontal, als vertikal sein. Beides kommt häufig vor. Im ersten Fall bedarf die Winde besonders Rolle zur Unterstützung der Stange. Diese ist entweder auf der Winde, oder hängt darunter. Wenn sie auf der Winde ist, so erschwert sie den Verkehr auf der Schleusenmauer, und stellt sich die erforderliche Spannung im Tau leichter, indem die Stange nur an den Enden unterstützt ist, so biegt sie leicht durch und ist alsdann nicht mehr stark genug, um auf dem Thore den erforderlichen Druck auszuüben. Beiläufiger ist es, Erdwinden anzubringen. Fig. 334 auf Tab. III zeigt eine solche, und zwar von der Einrichtung, die in den Französischen Canalschleusen häufig vorkommt. Die Achse derselben, unten etwa zwei Zoll und oben einen Zoll dick, ist in die Mauer befestigt, und darauf hängt die Winde, welche ganz aus Guss Eisen besteht. Ihr Kopf, der mit den Enden zum Einsetzen zweier hölzernen Krenzarne versehen ist, ist massiv. Der Mantel der Winde mit dem untern Rande hat nur eine geringe Wandstärke, während zu seiner gehörigen Stütze unten noch eine ausgedrehte Pfanne eingesetzt ist, die auf der Achse greift. Die Stange muß noch durch eine Rolle, die gewöhnlich aus Holz besteht, und 4 Zoll dick und 30 Zoll lang ist, unterstützt werden. Die sonstige Einrichtung und zugleich die oben erwähnte Schraube zum Anspannen der Stange ergibt sich aus der Figur.

Man pflegt die Zugstange in diesem Fall und eben so auch, wenn die Winde unter der horizontalen Winde hängt, in der Art zu befestigen, daß sie stets in horizontaler Lage bleibt. Die Schlagsäule steht daher oben bis zur Höhe der Rolle neben der Erdwinde. Der Weg, den die Schlagsäule bei der Drehung beschreibt, fällt nicht in eine gerade Linie, daher verfährt man auch die Richtung des Zuges. Den Punkt, wo die Schlagsäule aufgestellt ist, bestimmt man in der Art, daß man durch die äußersten Stellungen der Schlagsäule eine gerade Linie, besser parallel eine zweite zieht, welche die Pfeilhöhe des Weges, den die Schlagsäule bei ihrer Bewegung beschreibt, halbirt. In dieser Linie wird die Winde gestellt.

Die Zugstange wird häufig mit Zähnen versehen, womit sie an der Winde angebrachtes gezahntes Rad eingreift.

Dabei kommen wieder die beiden Fälle vor, daß die Welle weder um eine horizontale, oder um eine vertikale Achse drehbar ist. Im ersten Fall liegt die Stange auf dem gezahnten Rad, dessen Zähne abwärts gekehrt sind, und man braucht also keine weitere Vorrichtung zum Festhalten der Stange, als daß das gezahnte Rad an beiden Seiten mit vorstehenden Rändern versehen ist. Die Zähne dürfen jedoch nicht scharf schließend sein, da die gezahnte Stange ihre Richtung etwas verändert.

Steht die Winde senkrecht und greift die Stange an der Seite des gezahnten Rades ein, so muß die Zugstange noch an der andern Seite so gestützt werden, daß die Zähne bei allen verschiedenen Richtungen der Zugstange gehörig in einander greifen. Diese Vorrichtung ist mittelst der Fig. 335 auf Taf. XLVIII dargestellt. An die Achse, an welcher das gezahnte Rad befestigt ist, sind zwei mit einander verbundene dreiseitige Scheiben angeordnet, die gleichfalls um diese Achse, soweit die Zugstange ihre Richtung ändert, sich drehn können. Zwei Rollen sind an der Zugstange an ihre hintere Fläche, und verhindern ihre Abgleitung vom gezahnten Rade. Fig. a zeigt die Ansicht von oben, Fig. b von der Seite. Die vertikale Achse, welche entweder durch Hebelsarme, oder mittelst einer Kurbel und zwei Räder gedreht wird, steht unten in einer Pfanne, und ist durch ein Achsenlager gehalten, welches auf drei untereinander verbundenen eisernen Füßen ruht. Letztere sind in den Fig. 335 angegeben. An die Achse ist das gezahnte Rad befestigt, dessen Zähne in die Zähne der Zugstange eingreifen, damit diese aber nicht auf der untern Scheibe schleift, ist sie daneben durch eine dritte Rolle unterstützt, und liegt zwischen beiden Scheiben, so daß sie mit beiden selben zu berühren kann. Die Scheiben sind, wie die Fig. 335 zeigt, durch drei Riegel unter sich verbunden und liegen auf einer Verstärkung der Achse auf. Die beiden Rollen, welche bei verschiedenen Richtungen der Zugstange ein gleichmäßiges Eingreifen der Zähne verursachen, indem sie eine entsprechende Drehung der Scheiben bewirken, sind an beiden äußeren Enden der Scheiben mit diesen dieselben eingesetzt.

Gewöhnlich besteht eine solche gezahnte Zugstange aus einer starken hölzernen Latte, auf welche eine Schiene aus Eisen mit den daran eingefeilten oder eingefrästen

befestigt ist. Bei den in der Nähe von Saarbrücken an-
sowie auch bei den am Ihle-Canal ausgeführten Schleusen
sind diese Zugstangen dagegen aus Guss-eisen. Für jeden Canal
ein solches Modell solcher Stange in Schmiedeeisen aus-
zu-machen und hiernach erfolgt der Guss, der wegen des Wegfalls
des Altkosten sehr wohlfeil ist. Man sorgt aber dafür, daß
Reserve-Stücke vorhanden sind, damit bei einem zufälligen
Schaden sogleich ersetzt werden kann. Die Erfahrung
lehrt, daß die Gefahr eines Bruchs keineswegs erheblich ist.
Sowohl bei den Schleusen als auch bei den Brücken über ein Schleusen-
thor, fehlt daneben der nöthige Raum, um die Stange,
wenn das Thor geöffnet ist, frei zurücktreten zu lassen. Man pflegt
daher einen gusseisernen Quadrant, der an der äußern Seite
mit einem Verschuß versehen ist, an den obern Rahm zu befestigen. Der-
selbe tritt unter oder über der Mauer, und wird durch ein ge-
triebenes Getriebe gefaßt. Man darf indessen diesen Quadrant nicht
in seiner ganzen Länge mittelst speichenartiger Arme an das Thor
anheften, wenn er, wie gewöhnlich, unter die Mauer tritt, weil
der Canal, der ihn aufnimmt, eine zu große Breite erhalten
müßte. Nichts desto weniger pflegt man doch in der Nähe des
Thors mit einem gekrümmten und daran angezogenen Arm zu
wirken, um wenigstens hier die Gefahr eines Bruchs zu beseitigen.
Diese Quadranten gemeinhin, eben wegen des fehlenden
Raums mit einem Radius beschrieben sind, der kaum der halben
Höhe des Thors gleichkommt, so ist eine bedeutend größere Kraft
erforderlich, als bei den vorher beschriebenen Vorrichtungen. Es
bleibt nur übrig, die Kraft durch ein gezahntes Rad mit Ge-
triebe zu verstärken, von denen letzteres durch eine Kurbel in Be-
wegung gesetzt wird. Zur Verbindung dieser Kurbel mit der Achse
des Getriebes sind noch zwei in einander greifende conische Räder
erforderlich.

Bei der Schleuse zu Villemur am Tarn ist auf dem Thor-
boden ein gusseiserner Quadrant befestigt, der an
der innern Seite mit Zähnen versehen ist. Diese greifen in ein Ge-
trieben, dessen Achse längs der dem Oberwasser zugekehrten
Schlagsaule herabreicht, und oben mit einer Kurbel ver-
sehen ist. Der Arbeiter, der das Thor öffnet, oder schließt, steht
auf einer Laufbrücke. Bei dieser Anordnung tritt kein Theil der-

selben über die Schleusenmauer, sie läßt sich daher, wie sehr auch der Raum neben der Schleuse beschränkt sein mag, immer anbringen.

Der Druck, den man mittelst der Zugstange auf das Thor ausüben muß, um dasselbe zu schliessen, läßt sich in einen Zug verwandeln, wenn man ein zweites Tau gegen die andre Seite der Schlagsäule befestigt, und dieses zum Zurückziehn des Thors benutzt, sobald es geschlossen werden soll. In dieser Weise muß jedes Thor mit zwei Tauen versehen sein, die beim Gebrauch der Schleuse abwechselnd angezogen werden. Diese Einrichtung, wobei die steife Zugstange ganz entbehrlich wird, soll nach Minard's Mittheilung zuweilen bei kleinern Französischen Schleusen vorkommen; sie ist bei den großen Schleusen für Seeschiffe allgemein üblich, doch wird alsdann der Zug nicht mittelst Tauen, sondern durch starke und schwere Ketten ausgeübt. In dem einen, wie im andern Fall dürfen aber die Taue oder Ketten, um die Schleuse nicht zu sperren, nicht an die Köpfe der Schlagsäulen befestigt werden müssen, vielmehr beim Durchgang der Schiffe flach auf dem Boden liegen. Die Ketten fassen alsdann unter Wasser das Thor um zwar möglichst in der Höhe des Mittelpunkts des Drucks, und die Winden, mittelst deren man sie anzieht, befinden sich in gleicher Höhe.

Bei dieser Anordnung müssen für jeden Thorflügel zwei Winden eingerichtet werden, es gehören also zu einem Paar Stemmthore vier solche und dieselben sind um so kostbarer, als sie tief herab reichen und jede einzelne mit einer schweren Kette versehen sein muß. Man erreicht dabei aber wesentliche Vortheile sowohl in Betreff der zweckmäßigen Behandlung der Thore, als auch dadurch, daß man eine viel stärkere Kraft beim Oeffnen und Schließen anwenden, und demnach um so leichter geringe Niveau-Differenzen und schwache Strömungen überwinden kann. Auch das Schließen der Thore, wenn der Strom dieselben faßt und sie heftig zum Schlagen droht, läßt sich durch Zurückhalten der aufwärts geketteten Kette noch sanft ausführen und überhaupt zeichnet sich die ganze Handhabung der Thore in diesem Fall durch große Sicherheit aus.

Fig. 336 auf Taf. XLVIII zeigt diese Anordnung im Grundriss. Es ist dabei angenommen, daß die Thore nicht eben, sondern nach einer cylindrischen Fläche gekrümmt sind, auch durch Rollen

ist werden, die auf kreisförmigen Bahnen laufen. Das eine ist geöffnet, das andre geschlossen dargestellt. Von jeder der Schlagsäule führt die Kette nach der zugehörigen Winde. Die Winden an der rechten Seite sind vollständig aufgestellt, die Hebeln versehn, die beiden an der linken Seite stehen gegen in ihrer untern Zusammensetzung, indem die Mauerthal durchschnitten gedacht ist. Man bemerkt hier die beiden Brunnen, worin die Winden stehn, und zugleich die Trommeln am Fuß der letztern, worauf die Ketten sich aufwickeln. Die Canäle, in denen die Ketten nach der Schleusenöffnung geführt sind, giebt die Figur durch die punktirten Linien an. Manachst muß einem Bedenken begegnet werden, welches man bei dieser Anordnung leicht erheben könnte. Indem nämlich die Ketten, welche an den, dem Unterwasser zugekehrten Seiten befestigt sind, beim Oeffnen der letztern quer durch die Schleusen laufen, so liegt die Vermuthung nahe, daß dieselben den Eingang der Schiffe hindern. Es ist freilich bereits erachtet, daß man sie schlaff herabhängen und auf den Boden fallen lassen könnte, aber auch in diesem Fall würden sie, wenn der Drempelevelleucht deshalb schon tiefer gelegt wäre, hinderlich sein. Es muß indessen daran erinnert werden, daß es sich hier um Schiffe für Seeschiffe handelt, die keinen flachen Boden haben, denn sie zuweilen auch nicht besonders scharf gebaut sind, und stets in der untern Fläche etwas gekrümmt sind, gegen den Kiel wenigstens einige Zoll vorsteht. Die Ketten sind demnach nicht hinderlich, wenn sie nicht gerade in der Mitte der Schleuse auf dem Drempelevelliegen. Dieser Fall kann vorkommen, wenn die Ketten gehörig nachgelassen werden, in der Wirklichkeit nicht vorkommen. Wenn z. B. das in Fig. 336 als geschlossen dargestellte Thor geöffnet wird, so bleibt die Kette, mit welcher geschlossen wurde, nicht in der Richtung liegen, welche die Schlagsäule angeht. Die Schlagsäule entfernt sich bei der Drehung des Thors aus dieser Richtung und zieht die Kette hinter sich über die Mauer des Drempelevels herüber, so daß auf dem letztern der Weg für den Kiel frei wird.

Früher pflegte man die Kette an den Fuß der Schlagsäule zu legen, auch die Winde in dieselbe Höhe zu stellen, so daß die Kette, wenn sie gespannt war, nahe über dem Boden schwebte.

Diese Anordnung rechtfertigt sich auch, so lange die Rollen an den Thoren sehr niedrig waren, also eine starke Reibung verursachten, welche durch die mangelhafte Ausführung der Bahn noch vermehrt wurde. Diese Reibung setzte die Bewegung des Thors den größten Widerstand entgegen, und daher zweckmässig, die Ketten nahe in der Höhe der Rollen zu lassen.

Durch Vergrößerung des Durchmessers und sorgfältige Bearbeitung der Rolle ist diese Reibung wesentlich vermindert. Bei der Bewegung der Thore zu überwindende Widerstände sind daher vorzugsweise durch das Wasser verursacht, welches beim ersten Anziehen des geschlossenen Thors gewöhnlich nicht vollständig sich ins Niveau gesetzt hat, und dadurch dem hydraulischen Druck auch einen mehr oder wenig hydrostatischen veranlaßt. Hiernach rechtfertigt es sich, die Winde in größere Höhe zu versetzen.

Den Kettencanal läßt man häufig nach der Höhe ansteigen, um dadurch theils die Ausführung des Brunnenwerkes an Tiefe verliert, zu erleichtern, theils aber auch, um die Winde in größere Höhe zu bringen, so daß sie bequem unterhalten werden können, und bei etwa vorkommenden Beschädigungen in Stand gesetzt werden kann. Dazu kommt noch, daß sich beim Zurückdrehn der Winde besser auszieht, und nicht auf den Schleusenboden herabfällt, wenn die Sohle des Canals nach der Schleuse hin abfällt. Eine geringe Neigung der Sohle, etwa von der Größe, wie Fig. 337 zeigt, gewährt den Vortheil, daß man die Kette durch keine horizontale Unterstützung darfst, was bei horizontaler Richtung des Canals dessen Mündung nothwendig ist. Man bemerkt in der Fig. 337 die Kette, wenn sie gespannt wird, die Decke des Canals nicht berührt.

Giebt man dagegen dem Canal eine noch stärkere Neigung, die häufig bis zu 45 Graden und selbst darüber ausgedehnt ist, so wird zwar der Vortheil in Bezug auf die höhere Stellung der Winde viel vollständiger erreicht, aber die Kette ändert, wenn sie gespannt ist, zweimal ihre Richtung zwischen der Winde und dem Thor. Man muß daher in diesem Fall unter der Mündung des Canals, und zwar in der Mündung desselben eine Rolle

breite dicht vor der Winde über der Sohle. Die Kette der ersten und über der zweiten fortgezogen.

Die Rollen sind meist so lang, daß sie die ganze Ketten-Canäle einnehmen. Ihre Stärke beträgt 1 bis 2 Fufs, sie sind an beiden Enden mit weit vortretenden Rändern, damit die Kette stets sicher gefaßt und darauf gehalten werden kann. Häufig sieht man in den Mündungen der Ketten-Canäle auch noch vertikale Rollen angebracht, nämlich hinter der horizontalen, und zwar neben den beiden anderen stehen. Dieselben sind nothwendig, wenn die Kette während der Drehung des Thors diese Seitenwände berühren würde. In diesem Fall werden aber die vortretenden Ränder der horizontalen Rolle entbehrlich, und alle drei Rollen sind zu einfachen Cylinder.

Wie zum Beispiel bei den Docks in Shernels, dienen auch bei der § 68 beschriebenen Thore nicht vertikale, sondern horizontale Winden. Die Thore werden in der Höhe von 10 Fufs über ihren untern Rändern gefaßt, und in gleicher Höhe sind 5 Fufs weiten und eben so hohen Ketten-Canäle, welche in die Mauer treten. An der Mündung jedes Canals sind eisernerne Rollen ohne vortretende Ränder angebracht, sämmtlich 1 Fufs im Durchmesser. Die horizontale Rolle, auf der die Kette aufhegt, ist 2 Fufs lang, und die beiden unter stehenden vertikalen sind $1\frac{1}{2}$ Fufs hoch. Der freie Raum zwischen den Letztern beträgt nur 6 Zoll. Am Ende befindet sich die Trommel, auf welche die Kette sich aufwickelt. Sie hat 15 Zoll im Durchmesser, und ist mit einem Rade von $3\frac{1}{2}$ Fufs Durchmesser verbunden. In dieses Rad sind vier Getriebe von 1 Fufs Durchmesser, und die Achse davon 20 Fufs lange, ist über der Mauer mit einer dreifachen eisernen Scheibe versehen, worin nicht Hebel eingesetzt werden können. Die Achse der letzten Winde, oder die des Getriebes, besteht aber aus zwei Theilen, welche mittelst einer Kette verbunden sind und durch eine Hebel-Vorrichtung von einander getrennt werden können. Auf diese Weise darf man die Kette nicht zurückdrehn, wenn das Thor sich entfernt, die Kette zieht sich vielmehr von selbst aus.

Bezüglich der Ketten-Canäle wäre ferner zu erwähnen, daß

ihre Ausführung sehr erleichtert und Beschädigungen der Schleifen der Kette dabei verhindert werden, wenn man eingemauerte gusseiserne Röhren ersetzt. Dieses ist z. B. St. Katharine's Dock bei London geschehen. Die Röhre hat im Durchmesser, und ist nahe 30 Fuß lang. Sie besteht aus Theilen, die in den vorstehenden Rändern durch Schrauben verbunden sind. Sie steigt unter einem Winkel von etwa 7° gegen den Horizont auf. Um das Schleifen der Kette gegen die Decke der Mündung zu verhindern, ist in die angewiesene Fortsetzung derselben eine horizontale Rolle von 1 Fuß Durchmesser eingesetzt, und zwei senkrechte Rollen verhindern das Ausweichen zur Seite und sichern zugleich die Kette gegen ein Herabgleiten von der Rolle. Die Winde dreht sich auch hier um eine horizontale Achse.

Zuweilen bringt man die beiden Winden, welche zu den Thorflügeln gehören, in verschiedenen Höhen an, indem den zugehörigen Ketten-Canäle verschiedene Neigungen erhalten werden, ihre Mündungen gleichfalls in verschiedenen Höhen liegen. Diese Anordnung erscheint auch gerechtfertigt, insofern zur Oeffnung und Schließen des Thors nicht dieselbe Kraft in Anwendung gebracht wird. Die Winde, mittelst deren man das Thor öffnen will, muß so stark sein, daß man damit einigen Wasserdruck überwinden kann, also das Thor schon öffnen kann, bevor der Wasserspiegel auf beiden Seiten gleiche Höhe erreicht hat. Eben so wird die zweite Winde auch in Anspruch genommen, wenn man das Thor einschießen muß, während schon einige Strömung hindurchfließt, also das Thor heftig zuschlagen würde, wenn man nicht durch ein scharfes Anziehen der Gegenkette die Bewegung mäßigt. Die Veranlassungen zu solchem kräftigen Anziehen der Ketten sind bei denjenigen Winden nicht vor, mittelst deren die Thore geschlossen werden. Es ist daher nur für die ersten beiden Winden, die an der Thorkammer stehen, nothwendig, solche Anordnungen zu wählen, welche den kräftigsten Zug gestatten, wobei also die Thore möglichst vermieden und die Thore zugleich in derjenigen Lage gefaßt werden, in welcher der Mittelpunkt des Widerstandes liegt. Die Mündungen der Ketten-Canäle müssen daher in großer Höhe angebracht werden, während die Canäle selbst keine starken Widerstände erhalten dürfen. Für die andern beiden Winden, die in

stehn, gelten dagegen nicht mehr diese Bedingungen. In-
 Zug, den sie ausüben sollen, weniger stark ist, so kommt
 darauf an, ob das Thor etwas ungünstiger gefasst, und
 durch die Führung der Kette über eine oder zwei Rollen
 gemässigt wird. Die Wohlfeilheit der Anlage und die
 Einfachheit der Aufstellung der Winden darf daher hier schon
 berücksichtigt werden.

Bei der Einrichtung der Winden betrifft, so wählt man
 und namentlich bei Thoren von mässigen Dimensionen die
 Erdwinde, wobei nämlich die Kette sich auf den Fuss der
 Säule aufwindet, deren Kopf durch die Hebel unmittelbar
 wird. Auch ist es nicht ungewöhnlich, daß in diesem Fall
 die Säule aus Holz besteht, und nur an der Stelle, wo die Kette
 liegt, mit Eisen bekleidet ist, oder hier eine eiserne Trommel
 sicherer ist es indessen, die ganze Maschine, mit Ausnahme
 der Hebel, aus Eisen darzustellen. Dieses geschieht auch gewöhn-
 lich und bei grössern Thoren wird zur Verstärkung der Winde
 sie noch mit einem Vorgelege versehen.

Fig. 337 zeigt eine Winde dieser Art, nebst dem Brunnen,
 wie sie aufgestellt ist. Die Anordnung ist diejenige, welche
 bei den Schleusen des Caledonischen Canals wählte. Die
 Trommel, um welche die Kette sich aufwindet, besteht aus einem
 hohen Kegel, der unten 15 Zoll, oben 8 Zoll im Durch-
 messer hält, an den sich aber unten noch ein flacher Rand von
 3 Fuß Durchmesser anschliesst. Letzterer hat den Zweck,
 die Kette sicher auf die Trommel zu führen. Die Trommel nebst
 dem untern Rande ist in einem Stück und zwar hohl gegossen.
 Die Achse von quadratischem Querschnitt, und zwar 4 Zoll in der
 Länge haltend, besteht aus gewalztem Eisen und greift durch die
 quadratischen Oeffnungen, womit die Trommel sowohl oben als
 unten versehen ist. Der untere Zapfen steht in einer gußeisernen
 Pfanne, die in die Sohle des Brunnens eingelassen ist. Diese
 Pfanne wird noch durch einen eisernen Ring umgeben, der wohl
 den Zweck hat, ein Abschleifen der Steine durch die Kette
 von der Trommel zu verhindern, wodurch möglicher Weise die
 Kette statt auf die Trommel sich zu legen, unter dieselbe gezogen
 werden könnte. Der Hals der erwähnten Achse ist cylindrisch
 gebohrt. Er liegt in einer Pfanne zur Seite einer gußeisernen,
 Fig. 338.

mit Verstärkungsrippen versehenen Platte, welche den l überspannt. Diese Platte ruht mit beiden Enden auf d tretenden Rändern gusseiserner Bogenstücke, die beim A des Brunnens in der Wand desselben befestigt sind. D bindung zwischen diesen Rändern und der Platte ist durch Sch bolzen dargestellt.

Ueber der erwähnten Platte trägt der Kopf der T Achse ein gezahntes Rad von 2 Fuß 9 Zoll Durchmesser, ein Getriebe von 9 Zoll Durchmesser eingreift. Indem die des Brunnens zwischen die Achse des Rades und Getriebe so wird nicht nur die Aufstellung der ganzen Maschine beschränkten Raum des Brunnens möglich, sondern man ; dabei auch den Vortheil, dass die Trommel etwas näher Ketten-Canal rückt, und dagegen die andre Achse, welche Erdwinde ist, sich etwas vom Rande der Schleusenmau fernt, und dadurch die Anwendung längerer Hebelsarme ern

Die letzte Achse besteht eben so, wie die erste, aus ge Eisen, sie ist $3\frac{1}{2}$ Zoll stark. Die Pfanne, worin ihr Fuß ist in demselben Querriegel befestigt, der die erste Ach Ihr oberes Ende greift durch eine der beiden gusseisernen hindurch, welche die Oeffnung des Brunnens schliessen. cylindrisch ausgedrehte, mit verstärktem Rande versehene C in dieser Platte umfasst den verstärkten und gleichfalls cyl geformten Hals der Achse des Getriebes.

Diese Achse setzt sich noch gegen 3 Fuß über die Plat die Schleusenmauer fort. und trägt am Ende eine gusse Scheibe, worin vier etwas ansteigende Röhren angebrac In letztere werden die Hebel, mittelst deren man die W Bewegung setzt, eingesteckt. Diese Scheibe ist Fig. 33 besonders, und zwar *a* in der Ansicht von oben, und *b* in rechten Durchschnitt dargestellt. Sie ist außer den vier erw noch mit vier andern mehr senkrecht gerichteten Röhren gleicher Weite versehn. In diese stellt man jene Hebel, w Winde nicht gebraucht wird. Sie bilden alsdann einen pyram Aufsatz über der Scheibe, und indem sie seitwärts nicht vo so verursachen sie auch keine Behinderung der Passage i Schleusenmauer. In Fig. 337 sieht man einen Hebel aufrecht ein während gegenüber ein zweiter in die horizontale Röhre einge

71. Oeffnen und Schliesssen der Thore. 371

Befalich muß noch erwähnt werden, daß der Wasser-
den man in Seehäfen schon vielfach zur Bewegung von
benutzt, auch bei den Schleusen, und zwar zum Oeffnen
hiesern großer Thore, Anwendung gefunden hat. Nament-
dieses in dem neuern Hafen Great-Grimsby, Hull gegen-
geschehn. Eine Dampfmaschine hebt das Wasser aus einem
Nabe angebohrten Quell in ein Bassin auf einem etwa
hohen Thurm, und indem der Druck desselben noch durch
Motoren verstärkt ist, so verrichtet dieser Druck verschiedene
um ohne Anwendung von Menschenkraft den Verkehr zu
ern.

Bald ein Packthoot ankommt, das gemeinhin die Schleuse
ht paasirt, sondern im Vorhafen anlegt, so senkt sich eine
Plattform bis zum Schiffe herab. Die Passagiere treten
sowie auch das Gepäck schnell dahin gebracht wird, und
wird man bis zur Hafenmauer gehoben. Demnächst
eine Anzahl Krahne auf gleiche Art zum Laden und
in Bewegung gesetzt, auch eine Scheibe in der Eisenbahn
mit dem darauf geschobnen beladenen Kohlenwagen etwa
hoch bis zum Niveau der hier in normaler Richtung ab-
Kohlenbahn, und dreht sich dabei zugleich so weit, daß
Wagen auf der letztern unmittelbar fortgezogen werden kann.
Zwei Schleusen, eine von 70 und die andre von 15 Fuß Weite,
den Eingang zum Dock. Das Oeffnen und Schliesssen der
geerthet, in gleicher Weise wie sonst bei Englischen großen
den durch Anzieln von Ketten, die sich aber nicht um
selbst im untern Theile des Schachtes aufwinden, vielmehr
sich jede solche Trommel auf der Schleusenmauer, indem
aus dem Schacht herauf geführt ist. Hier liegt auch der
er, in welchem das Wasser unter starkem Druck eintritt.
den Raum zwischen dem Kolben und den Deckel, durch
mittelst einer Stopfbüchse die Kolbenstange geführt ist.
ende der letzteren ist eine Vaucansonsche Kette befestigt, die
über eine Leitrolle gezogen ist und beim Rückgange ein
essenden Daumen versehenes Rad in Bewegung setzt. Dieses
mittelst zweier conischen Räder die Trommel, um welche
vom Thor ausgehende Kette aufwindet. Es bedarf also
des Oeffnens eines Hafens, um das Thor zu öffnen. Soll das-

selbe aber wieder geschlossen werden, so wird die von der Seite des Thors ausgehende Kette in gleicher Weise in Bewegung gesetzt, und indem sie dabei die erste Kette auszieht, so wird der ganze Apparat mit Einschluss des Kolbens wieder so beim Durchgange des nächsten Schiffes ohne Weiteres in Bewegung gesetzt werden kann.

Diese Benutzung des Wasserdrucks beschränkt sich nicht nur auf das Drehen der Thore, sondern in derselben Weise auch die Schütze in den Umläufen gehoben, die dann von selbst herabfallen. Zwei Arbeiter, invalide Sealeute, von jeder auf einer Seite der Schleuse sich befindet, genügen die Kammer zu füllen und zu leeren, und um die Thore zu öffnen und zu schließen, und zwar geschieht dieses in kürzerer Zeit bei der gewöhnlichen Bewegung der Schütze und Thore als bei Menschen.

Schluss des XI. Capitels im vierten und letzten
des zweiten Theils.

Handbuch
der
Wasserbaukun

von
G. H a g e n.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Zweiter Theil:
Die Ströme.

Vierter Band mit 10 Kupfertafeln.

Berlin 1874.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

erschälungen, Strombauten
und
Schiffahrts-Canäle.

Von
G. H a g e n.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Vierter Band.

Mit einem Atlas von 10 Kupfertafeln.

Berlin 1874.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

1000

Inhalts-Verzeichnifs

des vierten Bandes.

Seite

Abschnitt XI.

Schiffsschleusen (Fortsetzung) 1

72. Füllen und Leeren der Kammern 3

73. Nebentheile der Schleusen 37

Abschnitt XII.

Eigenthümliche Schiffsschleusen 49

74. Schiffsschleusen mit Spülthoren 51

75. Schiffsschleusen mit Seitenbassins 79

76. Senkrechtes Heben der Schiffe 93

77. Geneigte Ebenen 104

78. Der Oberländische Canal 129

79. Klapp-Schleusen 146

Abschnitt XIII.

Schiffahrts-Canäle 153

80. Anordnung der Canäle 155

81. Wasserbedarf der Canäle 163

82. Wahl der Canallinie 181

83. Querprofile der Canäle 195

§. 84.	Speisung und Entlastung der Canäle
§. 85.	Speisebassins
§. 86.	Erdarbeiten
§. 87.	Einschnitte und Dammschüttungen
§. 88.	Dichtung der Canäle
§. 89.	Unterirdische Canalstrecken
§. 90.	Durchlässe und Brückencanäle

Abschnitt XIV.

Eindeichungen

§. 91.	Anordnung der Deiche
§. 92.	Ausführung der Deiche
§. 93.	Entwässerung der Polder
§. 94.	Unterhaltung der Deiche

Elfter Abschnitt.

Schiffschleusen.

Fortsetzung.

Elfter Abschnitt.

Schiffschleusen.

Fortsetzung.

.

,

,

.

§. 72.

Füllen und Leeren der Kammern.

Füllen und Leeren der Kammern der Schleusen müssen geeignet zu schließende Oeffnungen angebracht werden, mittelst man beliebig die Verbindung mit dem Ober- und dem Unterwasser darstellen und dadurch den Wasserstand in der Kammer je nach heben, oder bis zu diesem senken kann. Am häufigsten werden diese Oeffnungen in den Thoren angebracht, dabei aber der Uebelstand ein, daß die Verbindung der Thore beeinträchtigt wird, besonders wenn die Oeffnungen, um den Durchfluß möglichst zu beschleunigen, einen großen Querschnitt erhalten. Außerdem kann bei hohem Oberboden das über den stürzende Wasser in die Schiffe fließen, welche in der Kammer liegen, und endlich ist dieser freie Sturz des Wassers meistens nachtheilig, als die betreffende Fallhöhe für die Geschwindigkeit in der Durchfluß-Oeffnung verloren wird, und die in der Secunde eintretende Wassermenge nicht so groß ist, als sie bei einer Oeffnung sein würde, wenn die ganze Niveaudifferenz zwischen dem Oberwasser und dem Wasserspiegel in der Kammer nutzbar bildete. Die beiden letzten Uebelstände lassen sich vermeiden, wenn man, wie bei den Amerikanischen Canälen wirklich geschieht, den Oberdremmel in die Höhe des Unterwassers legt (Fig. 265b), und die Oeffnungen in den Oberthoren bis unter das Unterwasser senkt. Diese Anordnung bedingt eine tiefere Fundirung des Oberhauptes, und ist bei solider Construction in der Ausführung theurer, als wenn man den höheren Boden beibehält.

Man beseitigt diese Bedenken vollständig, wenn man Oeffnungen in den Thoren, zur Seite der letzteren in den Canäle, oder sogenannte Umläufe darstellt. Die Sch der Thore wird dabei ganz umgangen, und indem die obung eines Umlaufs im Oberhaupt dicht über dem Ob seine untere Mündung aber dicht über dem Unterboden tritt das Wasser in die Kammer so tief ein, daß die Gefüllens der Schiffe verschwindet. Die Geschwindigkeit Umläufen ist auch durch die ganze Niveau-Differenz der seitigen Wasserstände bedingt, also möglichst groß, und kommt noch, daß man ohne Nachtheil den Umläufen einen Querschnitt geben, und dadurch gleichfalls die Zeit des Füllens oder Leerens der Kammer abkürzen kann.

Es ergiebt sich aus Vorstehendem, daß die Vorzüge die Umläufe vor den Oeffnungen in den Thoren haben, Oberhäuptern bedeutender sind, als in den Unterhäuptern werden daher auch häufiger in jenen, als in diesen angebracht.

Diese Oeffnungen sowohl in den Thoren, als auch Mauern und Wänden werden beim Durchgange von Schiffen Wirksamkeit gesetzt, wenn das Wasser an der einen Seite höher steht als an der andern, und das Wasser fließt hindurch, bis auf beiden Seiten dasselbe Niveau darges Man öffnet sie daher, während der Wasserdruck stattfindet, schließt sie, sobald der Druck aufgehört hat. Beim Öffnen sonach nicht nur das Gewicht des Schützes, oder derjenigen richtung, die man sonst gewählt hat, sondern auch die Reibung die aus dem Druck des Wassers entsteht, überwunden. Letztere verschwindet aber beim Ausgleichen der beiden Wasserstände, und es ist sonach zum Schließen der Schleuse keine Kraft erforderlich, wenn dieselben so schwer sind, von selbst herabfallen. Hieraus ergiebt sich, daß man gewöhnlich der mechanischen Vorrichtung nur zum Heben des Schützes bedarf, beim Herablassen desselben aber darauf Rücksicht zu nehmen ist, daß es nicht zu heftig auf die Schwelle stürzt.

Es kommen indessen Fälle vor, wobei das Schütz, beiderseitigen Wasserstände gleiche Höhe haben, geschlossen werden muß, und alsdann kann leicht die Reibung in Folge der stattfindenden Wasserdrucks so groß sein, daß das Schütz

selbst herabfällt. Es ist daher vortheilhafter, solche Vorrichtung der Bewegung des Schützes zu wählen, wodurch dasselbe nicht gehoben, sondern auch kräftig herabgedrückt und stets geschlossen werden kann. Das Bedürfnis hierzu stellt sich z. B. ein, wenn beim Durchschleusen eines Schiffs, und zwar von Oberwasser nach dem Unterwasser, durch Nachlässigkeit der Arbeiter ein Tau nicht gehörig gelöst ist, so daß das Schiff beim Ausströmen des Wassers zum Theil daran hängt. Das Abwerfen des Schiffs ist aber unmöglich, sobald eine starke Spannung bereits eingetreten ist, und es bleibt nur übrig, das Tau zu durchschneiden, und das Reißen desselben abzuwarten. Beides kann vermieden werden, wenn man die Schütze des Unterhauptes schließt, und durch das Öffnen der Schütze des Oberhauptes den Wasserstand in der Kammer wieder so weit hebt, daß das Schiff frei schwimmt. Beim Durchschleusen in der entgegengesetzten Richtung kann vorkommen, daß das Schiff etwa unten einen Schiffsring oder einen vortretenden Stein faßt, und bei dem steigenden Wasser Gefahr des Anfüllens ausgesetzt wird. Alsdann muß man die Schütze des Oberhauptes schließen und die des Unterhauptes öffnen. Endlich gehört hieher auch noch der Fall, daß man diese Schützen zuweilen in beiden Häuptern gleichzeitig in Wirksamkeit setzt, und dadurch die nächstfolgende Canalstrecke füllt, oder das Oberwasser senkt. Es rechtfertigt sich demnach die Vorsicht, bei der Erbauung der Schleuse hierauf Rücksicht zu nehmen, wenn Schütze zum Schliessen der Oeffnungen gewährt werden, entweder mit besonderen Vorrichtungen zum Herabdrücken versehen, oder sie so schwer zu machen, daß sie unter allen Umständen durch ihr Gewicht die Reibung überwinden. Im ersten Falle ist aber die Durchbiegung von schwachen und langen eisernen Schützen nicht unbeachtet zu lassen.

Um die Oeffnungen in den Thoren oder auch die Umläufe jederzeit schließen und öffnen zu können, ersetzt man in neuerer Zeit bei Amerikanischen Schleusen sehr allgemein den Schütz durch eine Klappe, deren Drehungsachse in ihrer Mitte befindet, die also gleichen Druck und Gegendruck erfährt. Uebelstand ist aber dabei unverkennbar nämlich der eine, daß wenn die Klappe geschlossen ist, nicht gegen den

umgebenden Rahmen gedrückt, sondern davon etwas zurückgedrängt, woher einiger Wasserverlust unvermeidlich ist.

Ueber die Darstellung der Oeffnungen in den Thoren ist bereits bei Gelegenheit der Construction der Thore (§. 67 und 68) die Rede gewesen. Die Schütz-Oeffnungen werden jedesmal, um die Bekleidung des Thors rings umher befestigen zu können, oben und unten durch Thorriegel oder den untern Rahmen, sowie seitwärts durch Mittelstiele oder auch durch die Schlagsäule, und in seltenen Fällen durch die Wendesäule begrenzt. Die Mittelstiele brauchen aber zu diesem Zweck nicht über den Riegel fortgesetzt zu werden, der den obern Rand der Oeffnung bildet. Das Schütz oder die Schofsthüre befindet sich auf der dem Oberwasser zugekehrten Fläche des Thors und bewegt sich zwischen zwei mit Falzen versehenen Stielen oder starken Latten, den sogenannten Schofsthür-Leisten, die auf der Bekleidung befestigt sind. Wenn das Schütz aber geschlossen ist, so steht es auf einer gleichfalls an dem Thore befestigten Schwelle auf, die mit diesen Leisten verbunden ist.

Hölzerne Schütze in den Schleusen werden in gleicher Weise construirt, wie in den Freiarchen (§. 46).

Gusseiserne Schütze kommen in größern Thoren, namentlich in England nicht selten vor. Sie sind sehr dauerhaft und so schwer, daß sie stets sicher herabsinken, gewöhnlich bringt man sogar Gegengewichte an, um sie leichter heben zu können. Sie dürfen jedoch nicht unmittelbar die Bohlenbekleidung berühren, vielmehr müssen die Oeffnungen mit etwas vortretenden eisernen Rahmen eingefasst werden, die mit den Schofsthür-Leisten verbunden sind. Wenn letztere, die gleichfalls aus Eisen bestehn, eben so wie die Ränder des Schützes gehörig geebnet und abgeschliffen sind, so bildet sich ein sehr dichter Schluß. Der Rahmen wird aber, nachdem er durch Bolzen befestigt ist, in den Fugen noch durch eingetriebenes Werg gedichtet.

Gewöhnlich hat jedes gusseiserne Schütz sein besondres Gegengewicht, indem eine über eine Rolle geführte Kette beide verbindet. Diese Anordnung ergibt sich aus der Zeichnung der Thore des Montgomery-Canals Fig. 313, Taf. XLV. Man bemerkt darin, daß das Gegengewicht eben so, wie das Schütz zwischen Leisten gehängt ist, in welche es mittelst Federn eingreift. Diese Vorsicht

ist nothwendig, weil das Gewicht sonst bei der Bewegung hin und her schwanken und heftig aufschlagen würde. Etwas abgeändert ist die Fig. 310 auf Taf. XLIV dargestellte Einrichtung, bei welcher dieselbe Eisenmasse gleichzeitig das Gegengewicht für zwei Schütze bildet. Jene Masse hängt an einer Rolle, um welche die Seile geschlungen und mit den Zugstangen beider Schütze verbunden ist. Man überzeugt sich leicht, daß das Gleichgewicht eben sowohl erhalten wird, wenn man ein einzelnes Schütz, als wenn man gleichzeitig beide aufzieht, oder herabläßt. Zwei Schütze kann man aber auch ohne Gegengewichte unmittelbar an einander verbinden und sie dadurch ins Gleichgewicht setzen. Es ist nur erforderlich, daß beim Ziehen dieser Schütze, d. h. wenn die Oeffnungen, die sie schließen, frei werden sollen, das eine sich nach unten und das andre sich aufwärts bewegt. Dieses ist leicht zu erreichen, wenn man nicht beide Schütz-Oeffnungen unmittelbar an dem untern Rahm anbringt. Bei großen Thoren der See- und Flußdocks, wo die freien Zwischenräume zwischen den Riegeln eine große Höhe der Letztern haben, ist dieses aber auch nicht nothwendig, denn das eine Schütz findet beim Herablassen noch hinreichend Raum über dem untern Rahm. Eben wegen dieser großen Höhe der darzustellenden Oeffnungen vermehrt man oft die Anzahl derselben, so daß zwei, auch wohl drei Schütze mit einander verbunden und gleichzeitig gehoben und gesenkt werden. In der That sind an dem in Fig. 309 dargestellten Thore des Vergrößerungs-Docks in Hull vier Schütz-Oeffnungen angebracht, von denen je zwei mit einander fest verbunden sind und wobei die Seile, woran sie hängen, über ein eisernes Rad geschlungen ist. Durch die Drehung dieses Rades werden zwei Schütze gehoben und zwei gesenkt. Die Bewegung des Rades erfolgt aber durch eine gezahnte Schnecke, welche mittelst einer Schraube gehoben und gesenkt wird.*)

Die eben erwähnte Darstellung mehrerer über einander angeordneten Oeffnungen, die mittelst eben so vieler unter sich

*) Die Zeichnungen Fig. 309, a, b und d sind insofern unrichtig, als sie drei über einander befindliche Oeffnungen darstellen, solche sind jedoch an der linken Seite nur in den zwei untern, an der rechten Seite dagegen nur in dem zweiten und dritten Felde von unten vorhanden. In Fig. b sind diese vier Oeffnungen sammtlich geschlossen.

XI. Schiffschleusen.

verbundener Schütze gleichzeitig geöffnet und geschlossen, hat vergleichungsweise mit einer einzigen, eben so breiten Oeffnung deren Höhe der Gesamthöhe jener ersten gleichkommt, mit dem Vorzug, daß die Verbindung des Thors dabei weniger vermindert man vermindert dabei auch sehr bedeutend, nämlich beziehungsweise auf die Hälfte oder den dritten Theil die Höhe der Schütze.

Die zuletzt erwähnten, mit Gegengewichte versehenen Ketten hängenden Schütze können augenscheinlich nicht kräftig abgestoßen werden, falls sie unter starkem Wasserdruck gesetzt werden sollten. Hierzu ist aber bei Dockschleusen niemals Veranlassung, da diese schon geschlossen werden, sobald auf beiden Seiten noch nahe derselbe Wasserstand statt findet, die also nur zur Ausgleichung sehr geringer Niveau-Differenzen dienen.

Ein anderes Mittel zur Darstellung bedeutender Oeffnungen ohne wesentliche Schwächung des Thors und ohne Vergrößerung der Hubhöhe besteht noch darin, daß man die Oeffnung sehr breit macht und sie vielleicht über die ganze Breite des Thors von der Schlagsäule bis zur Wendesäule ausdehnt. Die Ausführung, nämlich die Vermeidung einer Schwächung des Thors wird dabei indessen nicht vollständig erfüllt, indem die Vertiefung des Riegel durch die Bekleidung unterbrochen wird. Aus tritt hierbei noch der Uebelstand ein, daß sehr breite Schütze durchzubiegen pflegen. Es kommen daher solche breite Schütze nur selten vor. An den Schleusen des Seiten-Canals von Saint-Quentin sind sie gewählt worden. Sie erstrecken sich von der Wendesäule bis zur Schlagsäule, und schliessen, wenn sie herabgelassen werden, das ganze Feld zwischen dem untern Rahm und dem Riegel. Dieses Feld wird aber weder durch eine Strebe, noch durch das eiserne Zugband unterbrochen, indem beide nicht herabreichen. Die Oeffnung, die eine dieser Schütze schließt, ist etwa 8 Fuß breit und 1 Fuß hoch. Das Schütz besteht aus Eisen, ist mit Verstärkungsrippen versehen, und bewegt sich zwischen eisernen Leisten, die an die Wende- und Schlagsäule befestigt sind.

Auch bei den Schleusen des Canals von Saint-Quentin sind solche breite Schütze angebracht, die sich von der Wendesäule bis zur Schlagläule ausdehnten, jedoch nur 6 Zoll hoch

und zwar am obern Theile der Thore schlossen. Diese sollten auch nicht sowohl zum eigentlichen Füllen und Leeren der Kammern dienen, als vielmehr nur, nachdem dieses bereits erfolgt war, die Ausgleichung der Wasserniveaus beschleunigen. Die Schütze, welche nur aus einzelnen Stangen bestanden, sollten daher jedesmal unmittelbar vor dem Schließen der Thore gezogen werden. Man hat indessen die ganze Einrichtung schon längst beseitigt, indem man bemerkte, daß die Nachteile für die durchgehenden Schiffe nicht früher zu werden durften, als bis die Niveau-Differenz zu beiden Seiten so geringe war, daß man die Thore schon mittelst der Schütze öffnen konnte.

Die Schütze werden gemeinlich, wie auch in allen vorerwähnten Fällen, senkrecht auf- und abbewegt. In einzelnen Fällen hat man jedoch hiervon abgewichen, so daß die Schütze schräg bewegt werden. Der Zweck dieser schrägen Richtung ist, daß die Zugstange nicht mehr auf den obern Rahmen der Schleuse, sondern den Kopf der Wendesäule kreuzt, und man sonach mittelst deren die gezahnte Stange bewegt wird, von der Außenmauer aus drehn kann, ohne auf das Thor steigen zu müssen.

Man findet diese Anordnung an den Unterthoren der Schleusen auf dem Canal zwischen Carlisle und Bowness. Die Schleusen bestehen größtentheils aus Holz, und nur der obere Rahmen, an dem die Zähne sich befinden, ist Eisen. Die Zugstange lehnt sich überdiß in der Höhe des obern Riegels gegen eine eiserne Rolle. In den Oberthoren dieser Schleusen sind Oeffnungen angebracht, vielmehr befinden sich daneben

noch eine wesentlich verschiedene Einrichtung zum Schließen der Thore. In den Thoren besteht darin, daß das Schütz sich zwischen Leisten bewegt, sondern sich um eine horizontale Achse dreht. Man findet dergleichen Schieber nicht selten an den Schleusenthoren der kleinen Canäle in England. Die Oeffnungen sind dabei freilich auf ein geringes Maas beschränkt, aber hierdurch der Vortheil erreicht, daß man vom Ufer aus die Thore schließen oder frei machen kann. Fig. 312 zeigt die Einrichtung an einem Thore des Rochdale-Canals. Die Oeffnung ist in der Figur durch x bezeichnet, bei der angenommenen

den dahinter befindlichen Riegeln und Mittelstielen verbolzt sind. Fig. 339 auf Taf. XLVIII zeigt eine Klappe im gusseisernen Rahmen, sie besteht aus einer gusseisernen Platte, die nicht ringsum mit vorstehenden Rändern, sondern ausserdem auch mit zwei horizontalen Verstärkungsrippen versehen ist, die auf beiden Flügeln nach verschiedenen Seiten vortreten. Die Achse aus Schmiedeeisen befindet sich in der Mitte. Aus der Figur ergibt sich, wie die Flügel, wenn die Klappe geschlossen ist, sich nachwärts gegen die vertikalen Ränder im Innern des Rahmens lehnen. Aehnliche Ränder befinden sich auch auf der Schwelle, so wie in dem obern Theil des Rahmens, sie müssen aber nach der einen oder der andern Seite versetzt sein, je nachdem der Flügel darin ein- oder ausschlägt.

Bei den Schleusen des Main-Donau-Canals, woselbst die Oeffnungen 4 Fufs breit und 3 Fufs hoch sind, hat man den Schloß der Klappe gegen den gusseisernen Rahmen dadurch zu sichern gesucht, daß auf die Ränder der ersteren Holzleisten aufgeschraubt und der Rahmen an den entsprechenden Stellen mit Leder-Streifen ausgefütert ist. Um aber die Klappe, wenn sie geschlossen bleibt, scharf gegen den Anschlag des Rahmens zu pressen, ist bei noch derjenige Flügel, der durch den Wasserdruck nicht gegen den Rahmen gedrückt wird, mit einem gezahnten Quadrant versehen, welchen ein Getriebe eingreift, daß man von der Laufbrücke aus drehn und festschrauben kann.

Von der Anordnung der Umläufe die man zur Seite der Thore in den Mauern der Häupter anbringt, ist schon oben §. 1. die Rede gewesen. In den Grundrissen oder horizontalen Projectionen zeigen sie gewöhnlich eine oder zwei Krümmungen, nämlich in den Oberhäuptern zwei und in den Unterhäuptern, wo sie nicht mehr in die Schleuse zurücktreten, eine. Ihre Sohle ist im letztern Fall horizontal durchgeführt, in den Oberhäuptern dagegen senkrecht, so daß sich ihre Sohle vom Oberboden auf den Unterboden der Schleuse senkt.

Zuweilen vertheilt man dieses Gefälle gleichmäÙig auf die Länge, und legt nur die beiden Mündungen auf geringe Entfernungen horizontal. Dadurch wird die Ausführung insofern erleichtert, als die Canäle mit ihren gewölbten Decken nicht im Bogen, sondern zugleich auch ansteigend ausgeführt werden müÙen. Man legt daher meist die gekrümmten Strecken horizontal an,

abreichen. Auffallend ist dabei noch die Anordnung, die Klappen nach der Seite des Unterwassers aufzuschlagen, der Wasserdruck hebt sie daher und erleichtert ihr Oeffnen, wogegen sie durch den Druck der Schraube geschlossen erhalten

Man hat man die andre Anordnung gewählt, wobei die Klappen mit zwei Flügeln versehen sind, bei deren Drehung sich zwei Oeffnungen, nämlich an beiden Seiten der Achse bilden werden. Man pflegt in diesem Fall die Drehungsachse horizontal zu stellen, so daß sie von oben unmittelbar bewegt werden kann. Man giebt man beiden Flügeln gleiche Ausdehnung, um den Wasserdruck zu beseitigen. Indem hierbei die Reibung sehr mäßiger Grenzen bleibt, so zeichnet sich diese Anordnung durch die Leichtigkeit der Handhabung vortheilhaft aus. Man kann mittelst derselben sehr schnell eine große Durchlassung frei gemacht werden. Ein Uebelstand, der dabei zu vermeiden ist, besteht in der Undichtigkeit des Verschlusses. Die gewöhnlichen Schütze schließen dicht, weil der Wasserdruck sie scharf gegen die Fläche des Thors preßt. Bei den Flügeligen Klappen wird indessen nur der eine Flügel gegen den Wasserdruck an den Anschlag gedrängt, der andre dagegen entfernt. Die Sicherheit des Verschlusses beruht demnach darauf, daß die Achse recht scharf zurückgedreht wird, so daß die Flügel nicht etwa sich biegt. Da aber Beides nicht vollständig erreicht werden kann, so dürfte diese Anordnung nur in solchen Fällen passende Anwendung finden, wo es auf den Wasserterlust nicht ankommt.

Die Construction betrifft, so besteht diese Klappe meist aus einem Rahmen, in welchem sie sich bewegt, und aus den Rändern, mit denen sie den Schluß bildet, welche aus Holz, vortheilhafter ist es aber, auch diesen aus Eisen darzustellen. Bei den Schleusen des Narbonne-Canals wie bei einigen Schleusen des Rhein-Rhone-Canals hat man die Rahmen gewählt, welche auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite der Thore auf die Bekleidung aufgesetzt und mit

den dahinter befindlichen Riegeln und Mittelstielen ver Fig. 339 auf Taf. XLVIII zeigt eine Klappe im g Rahmen, sie besteht aus einer gusseisernen Platte, die ringsum mit vorstehenden Rändern, sondern außerdem zwei horizontalen Verstärkungsrippen versehen ist, die Flügeln nach verschiedenen Seiten vortreten. Die A Schmiedeeisen befindet sich in der Mitte. Aus der Fig sich, wie die Flügel, wenn die Klappe geschlossen ist, wärts gegen die vertikalen Ränder im Innern des Rahmens Aehnliche Ränder befinden sich auch auf der Schwelle, obern Theil des Rahmens, sie müssen aber nach der e der andern Seite versetzt sein, je nachdem der Flügel schlägt.

Bei den Schleusen des Main-Donau-Canals, woselbst nungen 4 Fuß breit und 3 Fuß hoch sind, hat man d der Klappe gegen den gusseisernen Rahmen dadurch zu s sucht, daß auf die Ränder der ersteren Holzleisten auf und der Rahmen an den entsprechenden Stellen mit Led ausgefüllt ist. Um aber die Klappe, wenn sie geschloss soll, scharf gegen den Anschlag des Rahmens zu pressen noch derjenige Flügel, der durch den Wasserdruck nicht Rahmen gedrückt wird, mit einem gezahnten Quadrant v welchen ein Getriebe eingreift, daß man von der Laufb drehn und festschrauben kann.

Von der Anordnung der Umläufe die man zur Thore in den Mauern der Häupter anbringt, ist schon o die Rede gewesen. In den Grundrissen oder horizontale tionen zeigen sie gewöhnlich eine oder zwei Krümmungen in den Oberhäuptern zwei und in den Unterhäuptern, wo mehr in die Schleuse zurücktreten, eine. Ihre Sohle ist Fall horizontal durchgeführt, in den Oberhäuptern dage sich ihre Sohle vom Oberboden auf den Unterboden der

Zuweilen vertheilt man dieses Gefälle gleichmäfsig Länge, und legt nur die beiden Mündungen auf gering nungen horizontal. Dadurch wird die Ausführung inschwert, als die Canäle mit ihren gewölbten Decken nicht Bogen, sondern zugleich auch ansteigend ausgeführt werden Man legt daher meist die gekrümmten Strecken horizont

in dazwischen liegenden geraden Theil des Umlaufs mit steigern Gefälle sich senken. Zuweilen geht man auch noch und concentrirt das ganze Gefälle, indem ein lothrechter die beiden horizontal ausgeführten Theile des Umlaufs verbindet, wie Fig. 298 auf Taf. XLII zeigt. Aehnlich ist auch die dargestellte Anordnung. Man beabsichtigt dabei, den des Wassers auf eine einzelne Stelle zu richten, die man besonderer Vorsicht befestigt, und wodurch man die andern der Sohle und die Wände des Umlaufs zu sichern glaubt. Absicht ist indessen mit einer möglichst vortheilhaften Wirkung des Umlaufs nicht vereinbar.

Wasser im Umlauf soll nämlich die der Niveau-Differenz Ober- und Unterwasser entsprechende Geschwindigkeit haben. Die Anbringung der scharfen Ecken, in welchen die alte Richtung plötzlich in die lothrechte, und letztere dann in die erstere übergeht, erzeugt aber schon Widerstände. Von diesem Verlust an Geschwindigkeit wird auch die den Angriff des Wassers auf einzelne Punkte zu richten, erreicht, wenn man nicht noch auf andre Weise die Wirksamkeit des Umlaufs schwächen will. Die Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der ganzen Niveau-Differenz besteht nämlich nur in, als der Umlauf vollständig mit Wasser angefüllt ist, und mit der äußern Luft in Verbindung steht. Wenn diese Bedingung vollständig erfüllt wird, so hört aber der Einfluss der verschiedenen Neigungen an verschiedenen Stellen auf, und wenn Umlauf in seiner ganzen Länge gleiche Profilweite hat, so ist die Geschwindigkeit am Fuß des vermeintlichen Wassersturzes um größer, als an jeder andern Stelle, weil überall das ganze angefüllt ist, und überall in denselben Zeiten gleiche Wassermasse durchgeht.

Die beiden Umläufe (Fig. 297 und 298) sind indessen durch vertikalen Öffnungen, die zum Heben des Schützes oder der dienen, mit der äußern Luft verbunden. Das Gefälle des Wassersturzes wirkt daher nicht auf die Beschleunigung des

Die Geschwindigkeit im obern Theile des Umlaufs wird nur bedingt durch die Niveau-Differenz zwischen dem des Oberwassers und der Sohle des Canals vor dem Sturze und über diesem Sturz füllen sich die Räume zum Theil

mit Luft an, die vom Wasser mit fortgerissen wird, wie schon durch ein lautes Sausen, wie bei einem Centrifug zu erkennen giebt, besonders wenn jene Niveau-Differenz bedeutend ist.

Soll im Umlauf sich die Geschwindigkeit darstellen, sehn von sonstigen Widerständen, der Niveau-Differenz Ober- und Unterwasser entspricht, so darf eine solche V mit der äußern Luft nicht stattfinden, und dieses ist leicht zu erreichen, wenn man den Verschluss in die obere Mündung bringt. In den Englischen Canalschleusen wird das Schütz oder auch jedesmal hier angebracht.

Gemeinhin legt man ganz symmetrisch an jede Schleuse ein Oberhauptes einen Umlauf, und wenn beide, wie immer gleichzeitig geöffnet werden, so treffen beide Strahlen in der Mitte der Kammer zusammen und indem dadurch ihre Richtung geändert wird, so findet kein Stoss gegen die Kammermauern statt, welcher mit der Zeit beschädigen könnte. Bei Doppelschleusen nach der Fig. 289 auf Taf. XLI dargestellten Anordnung ist eine solche Aufhebung des Seitenstosses nicht vollständig, ein Theil tritt sie aber doch ein, und bei der grossen Kammer ist der Stoss des Wassers gegen die Mauer nicht ohne Bedeutung.

In vielen Fällen begnügt man sich mit einem einfachen Umlauf. Beim Unterhaupt ist dieses ohne Nachtheil möglich, die untere Mündung desselben in die Richtung des Unterlaufes legen kann, beim Oberhaupt tritt dagegen in diesem Falle der erwähnte Uebelstand ein, dass der austretende Strahl die gegenüberliegende Kammermauer trifft, und bei der stark wirbelhaften Bewegung, die er in der Schleuse erzeugt, müssen die Schiffe Vorsicht befestigt werden. Minard erwähnt, dass dieser Uebelstand sich sehr unangenehm bei den Schleusen des Canals von Brüssel erkennen giebt, er rühmt indessen die gute Erhaltung derselben in jenen Schleusen, die ohne dass man von bedeutenden Reparaturen etwas wüsste, zwei Jahrhunderte hindurch benutzt sind, noch in gutem Zustande befinden.

In den Oberhäuptern der Englischen wie der Französischen Canalschleusen ist häufig eine Anordnung gewählt, wonach die Strömungsläufe grösstentheils in derselben Vertical-Ebene

diese normal gegen die Schleusen-Achse gerichtet. Die Umläufe treten nämlich aus den Thornschen aus, und ohne sich in die Schleusenkammer zu nähern senken sie sich bis zum Unterboden. Unter dem obern Thorkammerboden verbinden sich beide in einen gemeinschaftlichen Canal, der durch den Abfallboden in die Kammer ausmündet. Gauthey gab diese Einrichtung den Namen des Canals du Centre, der im Jahre 1786 vollendet wurde und der die Verbindung zwischen der Saône und Loire bei Châlons und Digoin darstellt. Fig. 340 auf Taf. XLVIII zeigt die Oberhaupt dieser Schleusen, nämlich *a* in der Ansicht von oben und zugleich im horizontalen Durchschnitt unter dem Thorkammerboden, *b* im senkrechten Durchschnitt durch die Achse der Schleuse, und *c* im senkrechten Querschnitt durch den Canäle. Letztere beginnen in den Thornschen, woselbst sie in Nischen von quadratischem Querschnitt in den Mauern eingemündet sind. An der Sohle einer jeden dieser Nischen liegt die eigentliche Mündung des röhrenförmigen Canals. Derselbe hält 2 Fufs im Durchmesser, fällt senkrecht bis zur Höhe des Hinterbodens herab und tritt von unten in den nahe 10 Fufs weiten Canal, der sich unter dem Oberboden befindet, und mit der Schleusenkammer in unmittelbarer Verbindung steht. Die Vorrichtung zum Schließen der Umläufe besteht in den obern Mündungen der röhrenförmigen Canäle, bestand ursprünglich in Kegel-Ventilen, welche man in die kegelförmig geformten Mündungen herablassen konnte.

Ähnlicher Weise sind bei diesen Schleusen auch die Unter-Umläufe mit Umläufen versehen. Auf jeder Seite ist hinter der Thorkammer wieder eine zweite Nische etwa 2 Fufs breit und tief und 4 Fufs hoch, angebracht, deren Sohle mit dem Thorkammerboden auf gleicher Höhe liegt. In dieser Sohle befindet sich die kegelförmig erweiterte Mündung des cylindrischen Canals. Letzterer ist auch hier etwa 3 Fufs tief, geht alsdann parallel zur Richtung der Schleuse bis in die Mitte des Hinterbodens, etwa 7 Fufs hinter die Wendenische, erhebt sich daselbst wieder, und tritt eben so, wie er aus der Thorkammer abgewandert war, durch eine Seitennische auf den Hinterboden der Kammer.

Es könnte auffallend erscheinen, daß auch die Umläufe unterhalb der Schleusen bis unter den Schleusenboden herabgeführt sind,

da doch die beiden Mündungen jedes dieser Canäle bei gleicher Höhe liegen, die obere Mündung sogar wegen der des Thorkammerbodens noch etwas tiefer sich befindet, untere. Man hätte sonach, wenn es sich nur um die Dauer der Verbindung handelte, die beiden Krümmungen jedes ersparen können. Dieses verbot sich indessen zunächst die gewählte Art des Verschlusses, die sich nur anbringen ließ, die Mündung des cylindrischen Canals in der Sohle der Kammer zu lag, und hierzu kam wahrscheinlich noch, daß Ganthey v. Recht eine Schwächung der Wendenische besorgte, wenn die Schleuse dicht hinter derselben vorbeigeführt wäre.

Diese cylindrischen Canäle sind in Werkstücken da und zwar in der Art, daß keine Fugen in der Längsrichtung kommen, die Oeffnungen also jedesmal in einzelnen Stücken großen Dimensionen ausgearbeitet wurden. Hierdurch allerdings die Canäle eine größere Festigkeit, was bei geringen Mauerstärken auch nothwendig war, dagegen war gezwungen, wie bereits erwähnt, die lichte Weite derselben auf geringe Maass von $1\frac{1}{2}$ Fuß zu beschränken. Die Füllung der Schleusen erfolgt deshalb auch langsam. Die Anordnung zeigte sich aber noch in anderer Weise als unvollkommen. Indem nämlich die erwähnten Röhren des Oberhauptes in gleicher Richtung ausmünden, so treffen die ausspritzenden Strahlen mit Heftigkeit das schwache Gewölbe über dem Canal, der unter der obern Thorkammer liegt, und dies dabei so sehr, daß starke Filtrationen aus dem Oberwasser der Kammer statt finden, die selbst durch häufiges Verstreichen der Fugen nicht beseitigt werden können. Auch die in der vorhergedeutete Art des Verschlusses der Umläufe zeigte sich unbrauchbar, und mußte wesentlich abgeändert werden, von Folgenden die Rede sein wird.

Die eben beschriebene Einrichtung der Umläufe wies sich zum Theil in den Schleusen des Canals von St. Quentin in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts ausgeführt zwischen St. Quentin und Cambray die Schelde mit der Kammer verbindet. Man hat indessen die beim Canal du Centre bestehenden Uebelstände hier theils durch Vergrößerung der Weite der cylindrischen Canäle, theils auch dadurch zu vermeiden

Umläufe des Oberhauptes nicht in einen überwölbten Canal am Unterboden führte, sie vielmehr eben so, wie Gauthey am Unterhaupt bereits gethan hatte, hinter den Schlagthür durch besondere Nischen in den Kammerraum ausmünden. Die Verbindung dieser Nischen mit den cylindrischen Canälen geschieht hier am Boden der Nische statt, so daß der auftretende Strahl wieder aufwärts gerichtet ist. Indem er aber die Nische trifft, worüber das volle Mauerwerk sich bezieht, kann er nicht so nachtheilige Wirkungen, wie unter dem Unterhaupt, veranlassen. Die Canäle sind 2 Fuß weit, und wieder in Bodensteinen dargestellt. Man hat jedoch nur hin und wieder die Oeffnung des Canals in einem einzigen Steine gebildet. Meistens ist nur der halbe Querschnitt in den Bodensteinen dargestellt, und die Decke ist durch die Ueberwölbung aus zwei Stücken gebildet.

Bei den Englischen Canalschleusen sind die Umläufe jedesmal so angeordnet, daß sie nicht tiefer herabgeführt werden, als ihre Mündungen liegen, woher die austretenden Strahlen nicht vertikal aufwärts, sondern horizontal gerichtet sind. Man hat man hier auch häufig die Umläufe aus gusseisernen Röhren gebildet, wodurch die Construction wesentlich vereinfacht wird. Bei den Canälen in der Nähe von Birmingham sind diese gusseisernen Röhren nicht in den Schleusenmauern, sondern hinter denselben. Die Anbringung der Umläufe bedingt in diesem Fall gar keine Verstärkung der Mauern, die man sonst als einen damit verbundenen Uebelstand anzusehn pflegt. Man ist bei dieser Anordnung ein wasserdichter Abschluß darzustellen, als wenn die Oeffnung im Mauerwerk angebracht wäre. Eine Schwierigkeit tritt hierbei freilich insofern ein, daß Mörtel mit dem Gusseisen nicht fest zu binden pflegt. Man begegnet diesem Uebelstande aber dadurch, daß man die Röhren an den Stellen, wo sie in der Mauer liegen, noch mit vorstehenden Rändern versieht, welche sorgfältig in die Steine eingemauert und mit Mörtel umgeben werden. Ausser den Erschütterungen beim Ziehen und Schließen der Schütze giebt es auch keine Gefahr zur Trennung der Röhren von der Mauer, da beide bei ständiger Temperatur-Veränderung sehr übereinstimmend sich ausdehnen, oder zusammenziehen. Die Röhren sind jedesmal in der

Nähe der beiden Enden nach Quadranten gekrümmt, u liegen diese Krümmungen schon hinter den Mauern oder Hinterfüllungserde. Der dazwischen befindliche Theil d ist aber gerade, und liegt sonach neben einem Unterhau horizontal, dagegen neben einem Oberhaupte, dem Ge Schleuse entsprechend, mehr oder weniger gegen den Hor neigt. Die Röhren haben nach Maßgabe der Dimensionen der Schleusen, die Weite von 1 bis 2 Fuß. Fast jedesmal jedem Schleusenhaupte zwei Umläufe. Die Füllung und Entleerung der Schleuse wird hierdurch außerordentlich beschleunigt, zwar um so mehr, als bei dieser Anordnung die Geschwindigkeit des durchströmenden Wassers jedesmal durch die ganze Differenz der beiderseitigen Wasserstände bedingt wird. Die Zusammensetzung der Röhren ist dieselbe, wie bei gewöhnlichen Wasserleitungen, doch pflegt man wegen der großen Weite der Flanschen zu versehen, die mittelst Schraubenbolzen mit der nächsten Röhre verbunden werden. Die obere Mündung ist die vortheilhaftesten, wie auch oft geschieht, mit einem gußeisernen Rahmen in Verbindung, in welchem ein gußeisernes Schieber bewegt.

Bei der auf Taf. XXXVI Fig. 262 dargestellten Schleuse auf dem Ellesmere- und Chester-Canal, die von 1793 erbaut ist, hat nur das Oberhaupt Umläufe, wogegen zum Ablassen des Wassers aus der Kammer Schütz-Oeffnungen in den Seitenwänden thoren angebracht sind. Jene Umläufe bestehn aus geraden Canälen von vierseitigem Querschnitt. Diese Canäle schneiden sich wieder, so daß sie unter den Oberboden treten. Hier wendeln sie sich und münden durch einen weitem Canal unter den Schwellen horizontal in die Kammer aus. Die Mündung des Canals zeigt Fig. 262 c.

Auch bei den auf demselben Canal ausgeführten Schleusen, die bereits § 65 beschrieben sind, ist eine ähnliche Anordnung gewählt. Aus jeder Thornische des Oberhauptes wie Fig. 263 zeigt, eine mit einem Schütz zu verschließbaren Wasserleitung aus. Dieselbe krümmt sich zunächst in vertikaler Richtung nahe um zwei Quadranten, wodurch sie unter den Oberkammerboden geführt wird. Hier krümmt sie sich in horizontaler Richtung um einen Quadranten und mündet im Abfallboden

Kammer. Eine Vereinigung der beiden Röhren findet hier

zeichnend von den bisher beschriebenen ist der Umlauf aus dem Auslass des Montgomery-Canals angeordnet. Derselbe liegt ganz in der Mittellinie der Schleuse. Er geht weder aus der Kammer, noch überhaupt aus einer Seitenmauer aus, vielmehr ist seine obere Mündung in dem Vorboden des Oberhauptes. Er besteht aus einer gusseisernen Röhre von 2 Fuß Weite, die zunächst senkrecht abfällt und, indem sie in einem Quadranten gekrümmt ist, in die horizontale Richtung übergeht, so daß sie unter dem Vorboden fort durch den Abfallboden in die Kammer tritt. Diese Anordnung ist vergleichungsweise mit andern, besonders einander, zeichnet sich auch dadurch aus, daß die Röhre nur einmal gekrümmt ist. Die Schließung des Umlaufs erfolgt durch eine eiserne Platte, die über die Mündung der Röhre geschoben werden kann. Diese Platte ist nichts anderes, als ein horizontaler Schütz, und der eiserne Rahmen, worin dasselbe sich befindet, steht in unmittelbarer Verbindung mit dem ersten Theile der Röhre. Der Querschnitt der Röhre geht aber hier, der Schütz entsprechend, in die quadratische Form über, diese mißt auf jeder Seite 2 Fuß.

Der Schütz ist mit einer horizontalen Zugstange versehen, die auf einer Seite unter die Schleusenmauer tritt. Hier ist derselbe mittelst eines Charniers mit einem gusseisernen, vertikal aufgestellten, zweiarmligen Hebel verbunden. Die Drehungsachse des Hebels liegt über der Mauer, und ist durch einen Zapfen gebildet, der in einer eisernen Pflaume ruht. Der untere Arm des Hebels ist 6 Fuß lang, der obere 4. Letzterer trägt einen gezahnten eisernen Bogen, und die Zähne desselben greifen in ein Getriebe, das mittelst eines Vorgeleges durch eine Kurbel bewegt wird. In Folge der Drehung der Kurbel bewegt sich jener gezahnte Bogen, und durch den andern Hebelsarm angebrachte Zugstange nimmt zugleich der Schütz eine entgegengesetzte Bewegung an.

Die zum Aufziehen dieses Schützes erforderliche Kraft ist durch die Bewegung des Schützes, also größtentheils durch den Wasserdruck bedingt. Dieser hängt aber keineswegs nur von dem Wasserdruck über dem Schütz ab, entspricht vielmehr der ganzen Niveau-Differenz des Ober- und Unterwassers, wenn die Röhre ganz mit

Wasser gefüllt bleibt. Ein Theil der Wassersäule ruht auf dem Schütz, der andere und zwar der grössere, hängt daran, dasselbe aber in gleicher Weise abwärts, als wenn er sich befände. Dieses Verhältniß ändert sich nicht, wenn die Schleuse auch nicht vollkommen wasserdicht schließt. Die Reibung, die zum Ziehen erforderliche Kraft, würde daher, wenn man eine besondere Maafsregel noch in Anwendung gebracht wäre, des grofsen Durchmesser des Umlaufs und dem starken Gefälle sehr bedeutend sein. Es war indessen leicht, den Druck der Wassersäule unter dem Schütz herrührenden Druck der Luftführung von Luft zu beseitigen. Es ist demnach eine Luftröhre von der Oberfläche der Schleusenmauer bis in den Umlauf unterhalb des Schützes geführt. Hierdurch wird die Bewegung der Schleuse so erleichtert, dafs der Knabe, welcher die Leinpfert ohne Mühe und zwar sehr schnell den Umlauf in Thätigkeit setzen kann.

Es mufs indessen darauf aufmerksam gemacht werden, dafs diese Luftröhre, wie vortheilhaft sie auch in der eben erörterten Beziehung wirkt, doch die Wirksamkeit des Umlaufs beeinträchtigt, insofern sie demselben, auch wenn er in Thätigkeit ist, einen Widerstand führt, und dadurch wie bei jenen Schützen in den innern Umläufen, die Wirksamkeit der letztern durch wesentliche Verminderung der Druckhöhe beeinträchtigt.

Auch bei der üblichen Anordnung der Umläufe, wenn die Seitenöffnungen in den Thornschen austreten und mit der Luft in keiner Verbindung stehn, ist das geschlossene Schütz einmal einem Druck ausgesetzt, der der ganzen Niveau-Differenz beiderseitigen Wasserstände entspricht. Es entsteht daher die Frage, ob es vortheilhafter ist, diesen Druck zu ermässigen und das Oeffnen des Schützes zu erleichtern, oder dem Umlauf den ganzen Effect zu sichern. Wahrscheinlich ist der letztere, der grössere, wenigstens bei einer frequenten Schifffahrt, nicht zu haben, wenn man die Folgen der Zuleitung der Luft in Betracht gezogen hätte.

Bei der am Schlufs von § 67 bereits beschriebenen Schleuse auf dem Erie-Canal, in welcher statt der Stemmthore überhaupt ein Klappenthor angebracht ist, welches sich nach

niederlegt, hat man einen Verschluss gewählt, der ohne Zutritt von Luft doch leicht zu öffnen ist. Der Thorkammerboden ruht auf einem wasserdichten hölzernen Boden, und der darunter liegende Raum steht mit der Kammer in freier Verbindung, in welcher von dieser nur durch einige Stiele getrennt ist, welche die Klappen tragen, worin die horizontale Wendesäule des Thors sich befindet. In dem erwähnten Thorkammerboden befinden sich vier Klappen von 3 Fuß 9 Zoll Länge und 2 Fuß 6 Zoll Breite, welche aus gusseisernen, möglichst dicht schließenden Klappen angefertigt sind, die sich um horizontale Achsen in ihrer Mitte drehen. Die Achsen sind der Schleusenachse parallel gerichtet. Die Klappen stimmen wesentlich mit den Figur 339 auf Taf. XLVIII überein. Der Wasserdruck wirkt gleichmäßig auf die Flügel und es ist daher wenig Kraft erforderlich, um einen Flügel zu heben und den andern eben so weit zu senken. Ohne eine Hebel-Verbindung kann man von der Schleusenmauer aus die vier Klappen gleichzeitig heben und niederlegen. Das Wasser stürzt, sobald die Klappen aufgerichtet sind, mit dem Druck, der der Niveau-Differenz entsprechenden Druck herab, und ohne einen Canal zu durchlaufen, woher die Füllung der Kammer sehr schnell erfolgt. Ist dieses aber geschehn, so fällt das aufgerichtete Thor, wie bereits oben erwähnt, von selbst nieder, und die Schiffe können sogleich durchgebracht werden. Auch sind die in der Kammer liegenden Schiffe nicht der Gefahr ausgesetzt, dass das zutretende Wasser über Bord schlägt. Zweifelhaft bleibt, ob die Klappen wasserdicht schließen.

Auch zum Entleeren der Kammern werden in den Schleusen der Amerikanischen Canälen nicht selten Umläufe angebracht, wodurch die Schleusenmauern nicht zu sehr zu schwächen, giebt ihnen nur geringe Weite, dagegen um so größere Höhe. Aus diesem Grunde werden sie vor ihrem Austritt in das Unterwasser durch drei übereinander befindliche Klappen geschlossen, von denen jede sich um eine Achse in ihrer Mitte dreht. Damit beim Oeffnen des Umlaufs keine zu heftige Strömung entsteht, welche die Schiffe wegung setzen könnte, läßt man den Umlauf nicht in voller Länge und Weite in die Kammer treten, verbindet ihn vielmehr mit der Kammer durch eine Anzahl kleiner Oeffnungen unmittelbar über

dem Kammer-Boden, wodurch jener Uebelstand vermieden wird.*)

Die Vorrichtungen, deren man sich zum Schliessen der Umläufe bedient, sind grossentheils bereits erwähnt worden, nur einige derselben, die freilich nicht häufig Anwendung gefunden, wären wegen der Eigenthümlichkeit ihrer Zusammensetzung zu beschreiben, auch muß über die Anordnung der Ersteren noch Einige bemerkt werden.

Die Schütze, und zwar solche, welche senkrecht aufgezogen werden, findet man am häufigsten. Sie eignen sich auch am meisten zu diesem Zweck, da man sehr bedeutende Oeffnungen durch sie schliessen kann, und ihr Schluß, insofern er durch den Wasserdruk unterstützt wird, ziemlich dicht ist. Die Reibung, der sie bei ihrer Bewegung ausgesetzt sind, wird zum Theil durch die Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser bedingt, doch vermindert sie sich wesentlich, wenn die einander berührenden Flächen möglichst glatt und hart sind, woher sich dazu vorzugsweise das Eisen eignet.

Am häufigsten wählt man hölzerne Schütze, die entweder in hölzernen oder in steinernen Rahmen sich bewegen. Ein Beispiel von der Zusammensetzung der Letztern ist in Fig. 299 *a*, *b* und *c* auf Taf. XLII. dargestellt. Zur Anwendung solcher steinernen Rahmen, wobei die Reibung sehr beträchtlich ist, entschließt man sich gemeinhin nur, wenn die Schütze im Innern der Umläufe angebracht sind, und daher eine Erneuerung der Schwellen und Seitenstücke schwierig wäre.

Die passendste Stelle erhält das Schütz in der obern Mündung des Umlaufs, weil man hier das Zutreten der Luft ganz vermeidet. Ausserdem ist es in diesem Fall auch immer leichter, Gegenstände zu entfernen, welche etwa das Schliessen des Schützes verhindern, auch lassen sich Reparaturen und selbst Erneuerungen einzelner Theile dabei am leichtesten vornehmen. In manchen Fällen, wie etwa bei den Fächerschleusen, von denen im Folgenden die Rede sein wird, muß man die Schütze im Innern der Mauern anbringen, und häufig thut man dieses auch bei

*) Malézieux, travaux publics des états-unis d'Amerique. Paris 18 pag. 340.

lichen Umläufen, um die Winden, die zum Ziehen der Taue dienen, nicht unmittelbar an den Rand der Mauer stellen zu können, wo sie die Handhabung der Taue beim Aus- und Einsetzen der Schiffe erschweren würden. Auch kommt der Fall nicht vor, daß man zur Erreichung eines möglichst wasserdichten Schützes zwei Schütze hinter einander anwendet, von denen der erste durch das Andre unterstützt wird, und das zweite jederzeit im Innern des Umlaufs angebracht werden muß.

Über die horizontalen Schütze, die selten vorkommen, ist nur zu bemerken, daß sie stets unter Wasser liegen, und ihre Beaufsichtigung und Instandsetzung schwieriger ist. Es daher als Regel gelten, daß sie aus dauerhaftem Material, wie Gufseisen dargestellt werden müssen.

Die Vorrichtung zum Schließen der Umläufe, welche man an den Schließern des Canals du Centre anwendete, nachdem man sich von der Unzweckmäßigkeit der Kegeltentile überzeugt hatte, und welche später an den Schleusen des Canals von St. Quentin angewandt wurde, ist noch als ein Schütz zu betrachten. Sie unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Schütz dadurch, daß die schließende Fläche nicht eine Ebene, sondern cylindrisch geformt ist, und in ihrer Lage nicht durch übergreifende Leisten oder Bricseäulen, vielmehr durch eine horizontale Achse gehalten wird.

In jenen Nischen, in welchen die obern Mündungen der Umläufe liegen, waren hölzerne Rahmen angebracht, die jedesmal auf eine Oeffnung von etwa 2 Fuß Breite und Höhe die Verbindung mit der Thorkammer abschlossen. Die Verbandstücke, welche die frei bleibende Oeffnung umgaben, waren, auf der Seite der Thorkammer oder dem Umlaufe zugekehrt, cylindrisch abgerundet, dieselbe Form hatte auch das Schütz oder die Klappe, welche in dieser Nische befand. Letztere, gleichfalls aus Holz bestehend, war mittelst zweier Arme an eine horizontale Drehungsachse neben der hintern Wand der Nische befestigt. Diese Achse lag einige Zoll tiefer, als die des Cylinders, nach dessen Form sowohl das Schütz, als der Rahmen, an den es sich lehnte, geformet waren. Zwischen den beiden Armen, die das Schütz mit der Achse verbanden, war ein Riegel eingesetzt, und diesen bildete die Zugstange, die über der Schleusenmauer durch einen

doppelarmigen Hebel, in gleicher Art, wie früher das Kegelventil gehoben wurde.

Durch diese Versetzung der Drehungsachse wurde allerdings der Vortheil erreicht, daß die Berührung des Schützes mit dem Rahmen sogleich beim Aufheben des erstern, und mit derselben auch die Reibung aufhörte, dagegen trat der Uebelstand ein, daß der Wasserdruck nicht auf der Seite des Schützes, sondern des Rahmens stattfindet. Ersteres erhält also durch denselben nicht einen festen Schluß, und dieses mußte hier um so nachtheiliger sein, als alle Verbindungen nur aus Holz bestanden, und daher leicht nachgeben konnten, um so mehr, da sie nur selten oder nie vollständig benetzt wurden. Man hat daher diese Einrichtung nach kurzer Zeit aufgegeben. Dasselbe ist auch bei den Schleusen des Canals von St. Quentin geschehn, wo die gleiche Art des Verschlusses ursprünglich an allen Umläufen angebracht wurde. Schon im Jahre 1822 waren die Thore mit gewöhnlichen Schützen versehen, und die Umläufe wurden nicht mehr benutzt.

Wesentlich verschieden von den Schützen sind diejenigen Vorrichtungen zum Absperren der Umläufe, welche beim Oeffnen derselben gegen den Wasserdruck gehoben werden. Die Reibung wird dabei freilich beinahe ganz beseitigt, aber dagegen muß der Wasserdruck unmittelbar überwunden werden, und hierzu ist meist eine bedeutende Kraft erforderlich. Am häufigsten werden einfache Kegel-Ventile benutzt, welche die konische Erweiterung in der Mündung des Umlaufs schliessen. Um diese Ventile aber mittelst gewöhnlicher Hebel aufheben und herablassen zu können, müssen die Mündungen der Umläufe aufwärts gekehrt sein. Diese war die Einrichtung, welche Gauthey ursprünglich für die Schleusen des Canals du Centre wählte, sie kommt auch bei verschiedenen kleinern Canälen in England vor. Die zum Heben der Ventile erforderliche Kraft ist von der Weite der Umläufe und dem Gefälle der Schleuse abhängig. Ist der Querschnitt der Umläufe nur etwa 1 Quadratfuß, so läßt sich das Ventil noch durch einen einfachen Hebel öffnen, bei größerer Weite sind dagegen kräftigere Vorkehrungen erforderlich.

Die in Fig. 298 angedeutete Vorrichtung zum Schliessen des Umlaufs besteht aus einer gußeisernen Klappe, die auf dem abgeschliffenen, vorstehenden Rande eines gußeisernen Rahmens auf

an einer Seite mit demselben durch ein Charnier ver-

Sie wird durch eine Kette mittelst einer Winde gehoben oder herabgelassen. Da jedoch die erforderliche Kraft für die verschiedenen Stellungen der Klappe sehr verschieden ist, so ist die Kette nicht auf eine kreisförmige Rolle, sondern auf ein Rad auf. Der herabhängende Theil der Kette ist mit der geschlossenen Klappe der Drehungs-Achse der Winde sehr nahe, entfernt sich aber von dieser immer weiter, je mehr die Klappe sich hebt.

In den mechanischen Vorrichtungen, wodurch die Ventile, Schieber oder Klappen, und zwar ebensowohl in den Thoren, als in den Umläufen bewegt werden, ist bis jetzt häufig die Rede gewesen, dieselben müssen daher noch beschrieben werden. Die erste Bedingung dabei ist, daß die Klappe in kurzer Zeit frei werden. Bei großen Schleusen und in Seehäfen fehlt es gemeinhin nicht an den nöthigen Kräften, um die erforderliche Kraft zu entwickeln. Auf isolirten Fluß- und Canal-Schleusen ist dieses nicht der Fall und daher für diese keine Einrichtungen wählen, zu deren Bewegung ein oder zwei Mann nicht genügen. Da ferner diese Klappen meist auf die Thore gestellt werden, so dürfen sie weder zu schwer einnehmen, noch besonders schwer sein. Endlich muß bei derselben die Schütze oder Klappen nicht nur geöffnet, sondern auch geschlossen werden können.

Man hat beinahe alle mechanischen Vorrichtungen, die man bei einfachen Maschinen nennt, zu dem in Rede stehenden Zweck angewendet. Wenn es auf einigen Wasserverlust nicht ankommt, indem die Schleuse hinreichenden Zufluß hat, so eignet sich zur Abschließung der Oeffnung am meisten die zwei-Klappe (Fig. 339 auf Taf. XLVIII), deren Bewegung nur wenig Kraft erfordert, indem dabei Druck und Gegendruck einwirken. Es genügt dafür, wie in Amerika auch wirklich geschehen, unmittelbar an der Achse eine Kurbel anzubringen. Mit Hilfe dieser wird Letztere um einen Quadranten verstellt und dadurch die Oeffnung frei gemacht oder geschlossen. Um aber den Widerstand zu überwinden, den größere Klappen dennoch der Bewegung setzen, hat man es vorgezogen, eine größere Anzahl kleinerer anzubringen, und dieselben werden entweder

einzelnen, eine nach der andern aufgestoßen, oder man hat sie auch mit einander verbunden und bewegt sie gleichzeitig.

Wenn dagegen, was bei Canalschleusen gemeinhin der Fall ist, das disponible Wasserquantum kaum dem Bedürfnis entspricht, so muß man, um dem Wasserverlust vorzubeugen, eine andre Art des Verschlusses wählen, und dieses geschieht, wenn das Schütz oder die Klappe durch den Wasserdruck fest angepreßt wird. Dieser Wasserdruck erschwert aber die Bewegung entweder unmittelbar oder mittelbar durch Vergrößerung der Reibung und in beiden Fällen wird der Widerstand um so stärker, je größer das Gefälle der Schleuse und der Querschnitt der Durchfluß-Oeffnung ist.

Zunächst mag von dem Hebel die Rede sein, der vielfach angewendet wird. Man kann ihn auf zwei verschiedene Arten benutzen, indem er entweder durch einen Zug die Oeffnung schließt oder frei macht, oder stoßweise wirkt und jedesmal nur wenig das Schütz oder die Klappe verschiebt. Die erste Methode ist in allen Fällen, wo es auf Beschleunigung ankommt, vortheilhafter als die zweite, aber sie verbietet sich gemeinhin dadurch, daß der Weg den die Last beschreibt, zu geringe ausfällt, vorausgesetzt, daß man durch Darstellung des richtigen Verhältnisses zwischen beiden Armen die disponible Kraft gehörig berücksichtigt. Nichts desto weniger hat man dennoch zuweilen diese Anordnung getroffen, wie sie hat bei Benutzung des Kegelventils, welches nicht hoch gehoben werden darf, sich auch zweckmäßig gezeigt.

Auch zum Heben der Schütze in den Thoren hat man den Hebel in der Art angewendet, daß durch einen einzelnen Stoß die Oeffnung frei wird. Die Höhe der gewöhnlichen Schütz-Oeffnung verbietet zwar eine solche Anordnung des Hebels, es ist indessen schon oben darauf hingewiesen, daß man, ohne die Wirkungen zu schwächen, oder den Widerstand zu vermehren, eine höhere Oeffnung in mehrere über einander befindliche niedrige Oeffnungen legen kann. Indem alsdann die verschiedenen schmalen Schütze unter sich verbunden sind, so ist die Hubhöhe der Zugstange mit der Anzahl der Oeffnungen umgekehrt proportional, und läßt sich dadurch auf ein so geringes Maas zurückführen, daß ein einziger Zug des Hebels schon zu ihrer Darstellung genügt.

Diese Einrichtung ist bei der Schleuse zu Royanmont a

getroffen, wiewohl der Hebel daselbst nicht in seiner gewöhnlichen einfachen Form angebracht ist. Man kann nämlich der Zug eines Hebels, ohne das Verhältniß der beiden Arme zu ändern, eine bedeutend größere Ausdehnung geben, wenn man den kürzeren Arm mit einem gezahnten Quadranten versieht und diesen mit einer gezahnten Stange greifen läßt. Diese Anordnung ist an der ersten Schleuse getroffen. Es befinden sich in jedem Thor drei Schützöffnungen von 7 Fuß Breite und $5\frac{1}{2}$ Zoll Höhe über einander, und werden getrennt durch 2 Riegel von 6 Zoll Höhe. Die drei Schütze sind durch drei eiserne Bänder zusammen verbunden, so daß sie gleichzeitig gehoben und herabgelassen werden. Diese Bänder vereinigen sich in der Zugstange, die oben mit Zähnen versehen ist. Letztere greifen in die Zähne eines Quadranten von nur 4 Zoll Radius ein, und dieser bildet den kürzeren Hebelsarm. Der längere Arm des Hebels, aus einer eisernen Stange bestehend, ist, wenn die Schütze geschlossen sind, aufwärts gerichtet, indem er aber niedergelegt und in eine horizontale Lage gebracht wird, hebt er die Zugstange 6 Zoll hoch, durch die Öffnungen frei werden. Diese Anordnung wird von uns zur Nachahmung empfohlen.

Die gewöhnliche Anwendung des Hebels zum Ziehen der Schütze unterscheidet sich hiervon wesentlich verschieden, indem man ihn in einer andern Weise, wie bei den Freiarchen geschieht, stoßweise ansetzt, er also nur durch wiederholtes Heben und Senken die Öffnung frei macht oder schließt.

In unsern ältern Schleusen bestand die an das Schütz befestigte Zugstange aus einer eisernen Schiene, die in Abständen von etwa 3 Zoll mit Löchern versehen war. In diese wurden Bolzen eingesteckt, die theils von dem Hebel gefaßt wurden, theils aber sich in die Laufbrücke des Thors legten, und das Herabfallen der Schütze verhinderten. Der Hebel war ein langer schwerer Baum, der über die Wendesäule hinausreichte, und von der Schleusenbrücke aus abwechselnd gehoben und herabgedrückt wurde. Gewöhnlich waren zwei Arbeiter mit der Handhabung dieses Hebels beschäftigt, während ein dritter auf dem Thor stand und die Bolzen in die Zugstange einsetzte und auszog. Das Verfahren beim Leeren des Schützes war folgendes. Nachdem der lange Arm des Hebels gehoben, also der kurze gesenkt ist, schiebt der dritte Ar-

beiter in das unterste Loch der Zugstange, welches über kurzen Hebelsarme frei ist, einen Bolzen ein. Dieser Bolzen schiebt sich, sobald der kürzere Hebelsarm wieder angehoben wird, denselben auf, indem letzterer mit einem Schlitz versehen ist, durch welchen die Zugstange hindurchgreift. Sobald durch den Bolzen die Zugstange gehoben ist, so steckt der auf dem Thor stehende Arbeiter einen zweiten Bolzen in das unterste Loch der Stange über dem in der Laufbrücke angebrachten Schlitz. Alsdann hebt der lange Hebelsarm gehoben und der erste Bolzen in das folgende Loch der Zugstange eingesetzt, u. s. w. Beim Herablassen des Schützes, das, wenn es frei wäre, gewöhnlich von selbst niederfallen würde, muß die ganze Operation in ähnlicher Weise wiederholt werden.

Auch in späterer Zeit hat man mit einigen Abänderungen den Hebel beibehalten, ihn jedoch in einen zweiarmigen umgewandelt. Fig. 343 a. auf Taf. XLVIII. zeigt diese Einrichtung in ihrer Zusammensetzung und zwar in der Ansicht von vorn, *b* stellt dagegen den Hebel in der Ansicht von der Seite und von oben dar. Die Drehung des Hebels erfolgt um einen starken Bolzen, der an einem mit den obern Riegeln des Thors verbundenen kurzen Säulenbolzen festigt ist. Auf diesen Bolzen ist der eiserne Hebel gesteckt. Letzterer ist aber mit einem Schlitz versehen, durch welchen die Zugstange gezogen ist. Indem die Zugstange bald an den einen, bald an den andern Hebelsarm gehängt wird, so mußte sie oben, soweit sie den Hebel berührt, gespalten werden. Sie bildet daher einen lang ausgezogenen Ring, dessen lichte Weite etwa 4 Zoll beträgt. Die Abstände der Bolzenlöcher von der Drehungsachse oder die Länge des jedesmaligen kürzeren Hebelsarms beträgt etwa 3 Zoll. Ein Vorzug dieser Einrichtung vor älteren beruht darauf, daß man das Herabfallen des Schützes nicht durch einen besondern Vorsteckbolzen verhindern darf, auch der Hebel nicht nutzlos zurückbewegt werden, vielmehr bei jeder einzelnen Bewegung des Hebels das Schütz etwas ansteigt. Nichts desto weniger sind auch bei dieser Hebe-Vorrichtung drei Arbeiter erforderlich, nämlich zwei zur Bewegung der Hebel und ein dritter zum Verstellen der Bolzen. Nur in dem Fall, daß man zu jedem Hube eine kurze Pause eintreten läßt, können die besten Arbeiter zugleich die Bolzen versetzen.

Herablassen des Schützes geschieht mittelst dieser Vorrichtung sehr einfach und ohne Anwendung äußerer Kraft, in der nur die Bolzen verstellt werden, indem die Bewegung des Hebels schon durch das Gewicht des Schützes hervorgebracht wird. Soll z. B. das Schütz aus der Stellung, welche die Figur 343 darstellt, herabgelassen werden, so darf man nur den abwärts gerichteten linken Arm noch etwas tiefer herabdrücken, um den linken Bolzen an derselben Seite herausziehen zu können. Der Zug des andern Bolzen veranlaßt alsdann die Drehung des Hebels und zwar langsam genug, um in der Zwischenzeit den Hebel in das nächst oberhalb befindliche Loch zu stecken, ehe der Hebel es verdeckt. Sobald der Hebel gegen diesen Bolzen gedrückt hat, hat er ein so bedeutendes Moment der Trägheit erlangt, daß er nicht augenblicklich zur Ruhe kommt, er dreht sich vielmehr noch etwas weiter, so daß der andre, auf der rechten Seite befindliche Bolzen frei wird. Man zieht nunmehr diesen Bolzen heraus und setzt ihn gleichfalls in das nächst darüber befindliche Loch ein. Auf diese Art dreht sich der Hebel von selbst, bald in die eine, bald in der andern Richtung, und der Arbeiter darf nur die Bolzen ziehen, sobald sie jedesmal gelöst sind, ausziehen und in die Löcher einsetzen.

Es braucht kaum darauf aufmerksam gemacht zu werden, daß das letzte Verfahren nur Anwendung findet, wenn kein starker Wasserdruck besteht, oder die Wasserstände zu beiden Seiten des Schützes annähernd im Niveau stehen. Zum Schließen des Schützes gegen den Wasserdruck ist die Vorrichtung nicht geeignet, denn man kann auch die Bolzen unter dem Hebel einsetzen, so daß die Zugstange gewöhnlich zu schwach, um einen starken Druck zu ertragen, sie würde vielmehr in diesem Falle verbogen werden.

Die Vorsteckbolzen lassen sich durch Sperrhaken ersetzen, die in die Zähne eingreifen, mit denen die Zugstange an einer Seite statt der Bolzenlöcher, versehen ist. Eine einfache Einrichtung dieser Art zeigt Fig. 344. Dieselbe wird an den Schleusen des Schleswig-Holsteinischen Canals zum Ziehen der Schütze in den Schließungen benutzt. Ein Knieholz, verbunden mit einer kurzen Stütze bildet den Fuß, auf dem eine eiserne Stütze steht, deren oberes Ende die Drehungsachse des Hebels trägt. Der vor-

dere Theil dieses Hebels besteht aus Eisen und ist mit einer ausgezogenen Oeffnung versehen, durch welche die Zugstange führt ist, daneben befindet sich der Sperrhaken, der die Zugstange faßt. Der längere Arm des Hebels besteht grolsentheils aus Eisen. An der erwähnten Querschwelle ist noch ein zweiter Sperrhaken angebracht, wodurch das Herabsinken der Zugstange verhindert wird. Man bemerkt leicht, wie durch abwechselndes Herabdrücken des längern Armes die Zugstange gehoben und gesunken wird. Beide Sperrhaken stellen sich von selbst ein, indem die Zugstange wärts gekehrt sind, und so wird das Schütz beim Herabsinken jenes Armes durch den obern Haken gehoben, während der obere Arm bei der entgegengesetzten Bewegung in seiner Stellung verharrt.

Zum Herablassen des Schützes, falls dieses einigen Widerstand finden sollte, ist die beschriebene Einrichtung nicht zu genügen, dagegen kann das Schütz, sobald es durch sein Gewicht gesunken ist, ziemlich bequem und schnell geschlossen werden. Um den untern Sperrhaken zu lösen, muß man den Hebel etwas herabdrücken. Hierzu ist jedoch nur wenig Kraft erforderlich, wenn der Wasserdruck auch die Reibung verschwunden ist, welche sonst das Heben des Schützes erschwerte. Der Arbeiter greift in diesem Fall mit der linken Hand den Hebel an dem Biegel, und wenn er daran einen geringen Druck ausgeübt hat, greift er mit der Rechten den untern Sperrhaken, löst ihn aus, und stellt ihn wieder ein, sobald das Schütz soweit gesunken ist, als der Hebel gestattet, gesunken ist. Hierauf greift er, während er fortwährend den Biegel des Hebels hält, wieder in den obern Sperrhaken, löst diesen und läßt ihn einfallen, nachdem der obere Hebelsarm herabgesunken ist.

Bei den Schleusen des Ems-Canals zwischen Habbach und oberhalb Lingen und Meppen hat man die Zugstange nicht nur nach unten, sondern auch mit aufwärts gekehrten Zähnen versehen, und dadurch den Hebel auch zum Herabdrücken des Schützes oder zum Schließen des Umlaufs eingerichtet, während der Wasserdruck noch das Herabfallen des Schützes verhindert. Der Hebel ist an einem kurzen Pfosten befestigt, ist an dem äußern Ende in zwei Theile gespalten, und umfaßt die Zugstange. Die Sperrhaken, welche die beiderseitigen Zähne der Zugstange eingreifen, werden durch die gegenüberstehenden, passend geformten Ränder eines

teil gespaltenen Bügels, gebildet, der die Zugstange um-
 in der Mittellinie der letztern durch zwei Bolzen mit den
 hälften des kurzen Hebelarmes verbunden ist. Die Figur 345
 den Bügel in der Seitenansicht, und zwar in derjenigen
 wobei er in die abwärts gekehrten Zähne eingreift. Man
 auch leicht, daß in dieser Stellung eben sowohl, wie in
 gegengesetzten, die durch punktirte Linien angedeutet ist,
 Sperrhaken, der gerade benutzt wird, immer von selbst
 ., indem die andre Hälfte des Bügels ihn gegen die Zähne
 Der zweite Sperrhaken, der das Herabfallen des Schützes
 des Rückganges des Hebels verhindert, ist mit einem
 kurzen eisernen Hebel verbunden, wodurch seine Aus-
 beim gewöhnlichen Herablassen des Schützes erleichtert
 Dieser kurze Hebel würde indessen das Einfallen des Sperr-
 verhindern, er trägt daher am andern Ende, hinter der
 ge, noch ein Gegengewicht, welches ein sanftes Einschlagen
 hakens veranlaßt. Falls aber der letztere nicht eingreifen
 darf nur dieses Gewicht ausgehoben werden, wodurch der
 haken außer Thätigkeit gesetzt wird.

oll das Schütz gezogen werden, so wird diejenige Einstellung
 , welche die Figur zeigt, und man bemerkt leicht, daß nur
 upthebel auf und ab bewegt werden darf, um die Zugstange
 und nach zu heben. Beide Sperrhaken greifen von selbst in
 wärts gekehrten Zähne ein, ohne das Aufsteigen der Zug-
 zu verhindern. Dieselbe Einstellung aller Theile dient
 zum Herablassen des Schützes, falls dasselbe nicht durch den
 druck zurückgehalten wird. Hierbei müssen jedoch die
 haken jedesmal gelöst werden. Dieses erfolgt etwas bequemer
 der früher beschriebenen Methode durch den zweiten Hebel,
 nach dadurch, daß der obere Sperrhaken sich leichter fassen
 . Wenn endlich der Fall eintritt, daß das Schütz, ehe das
 wasser gehoben ist, geschlossen werden soll, sein Herabsinken
 durch die Reibung in Folge des Wasserdrucks verhindert
 , so schlägt man den Bügel, woran die beiden Sperrhaken
 befinden, nach der andern Seite um, so daß die aufwärts ge-
 Zähne gefaßt werden. Die punktirtten Linien zeigen diese
 . Außerdem hebt man das Gegengewicht am Ende des
 Hebels ab, wodurch der untere Sperrhaken außer Wirk-

samkeit gesetzt wird. Derselbe ist in diesem Fall entbehrlich, da nur die Reibung des Schützes überwunden werden soll, dasselbe also in jeder Stellung, die es nach und nach einnimmt, ohne weitere Unterstützung stehn bleibt. Mittelst des Haupthebels wird, nachdem diese Einstellung gemacht ist, das Schütz stofsweise herabgedrückt, und es tritt dabei nur die Unbequemlichkeit ein, daß die Kraft-Aeußerung beim Aufheben des Hebels erfolgen muß. Doch ist die hierzu erforderliche Kraft geringer, als beim Ziehen des Schützes, wobei nicht nur die Reibung, sondern auch das Gewicht desselben zu überwinden ist.

Die ganze Anordnung der Schleusen in diesem Canal macht eine besondere Vorsicht auf das sichere Schliessen der Schützen während starke Strömungen in den Umläufen stattfinden, nöthig. Die unterste Schleuse, bei Meppen, consumirt nämlich weil sie gekuppelt ist, mehr Wasser, als die obern, und diesen Mehrbedarf kann ihr nur durch die Umläufe der letztern, so es nöthig ist, zugeführt werden.

Ueber die sonstigen mechanischen Vorrichtungen zum Schließen und Oeffnen der Schütze oder Klappen ist wenig zu bemerken. Die einfache Rolle, verbunden mit einer Winde, die Fig. 331 auf Taf. XLVIII dargestellt ist, wird man nur bei kleinen Oeffnungen benutzen können, sie gestattet auch nicht das Herabdrücken des Schützes gegen den Wasserdruck, dagegen gewährt sie den Vortheil, daß der Arbeiter nicht auf das Thor zu treten braucht, sondern von derselben Stelle aus das Schütz zieht und das Thor drehn kann. Man muß aber einen Arm der Winde gegen einen in den Drehbaum gesteckten Pflock lehnen, damit das Schütz bei geringem Wasserdruck nicht von selbst sich schließt.

Es ist bereits erwähnt, daß man in England bei kleinen Canalschleusen dem Schütz zuweilen eine schräge Stellung gegeben hat, wodurch die Zugstange vom Drehbaum aus bewegt werden kann. Derselbe Vortheil wird auch durch die Fig. 312 auf Taf. XLIV dargestellte Einrichtung des Verschlusses der Oeffnung mittelst eines Schiebers erreicht, die man in England mehrmals zur Ausführung gebracht hat.

Die am häufigsten vorkommende Vorrichtung zum Ziehen der Schütze besteht in einem Getriebe, welches in die gezahnte Zugstange eingreift. Zuweilen wird dieses Getriebe unmittelbar

Die Kurbel, gewöhnlich aber, um einen stärkern Druck auszuüben, vermittelst eines Vorgeleges gedreht. Das Räderwerk befindet sich in einem eisernen Kasten, und aus diesem tritt nicht die Kurbelachse heraus, sondern auch zugleich ein Sperrrad, welches ein Haken eingreift, den man, wenn das Schütz herabgelassen werden soll, zurückschlagen muß. Gewöhnlich setzt sich der Kasten bis zum obern Rahm fort, und ist daselbst befestigt. Er ist indessen auch nur einer geringern Höhe, und steht auf eisernen Füßen. Diese Vorrichtung, wenn sie passend angebracht ist, zeigt sich als sehr brauchbar, man kann damit das Schütz nicht nur heben, sondern es auch selbst bei starkem Wasserdruck sicher schließen. Dazu ist jedoch erforderlich, daß die Stange hinreichend stark sei, um sich nicht zu verbiegen. Herablassen des Schützes, nachdem der Wasserdruck aufgehört, erfolgt gemeinlich sehr einfach dadurch, daß man den Sperrhaken auslöst. Das Gewicht des Schützes ist allemal schon hinreichend, um Rad, Getriebe und Kurbel zu drehen. Doch darf man bei schweren Schützen, oder wenn kein Vorgelege angebracht ist, die Maschine nicht von selbst herablaufen lassen, weil der Stoß am Ende der Bewegung das Räderwerk beschädigen könnte.

Indem die Kraft, welche zum Drehn der Kurbel erforderlich ist, von dem Verhältniß des Kurbelbuges zum Radius des Getriebes abhängig ist, letzteres aber so groß gemacht werden muß, daß die erforderliche Anzahl der Zähne von hinreichender Stärke darauf angebracht werden kann, so muß, wenn kein Vorgelege benutzt wird, die Kraft, welche die Kurbel in Bewegung setzt, etwa dem vierten Theile des Gewichts und der Reibung des Schützes gleich sein. Man kann indessen ein vortheilhafteres Verhältniß darstellen, also bei schwereren Schützen das Vorgelege entbehren, wenn das Schütz wie auch die gezahnte Stange aus zwei Theilen besteht, die nur mit der halben Anzahl von Zähnen versehen, jedoch so gegeneinander verschoben sind, daß jedesmal dem Zahne des einen Theils der Einschnitt zwischen zwei Zähnen des andern Theils übersteht. Man stellt dadurch in der That ein eben so sicheres Verhältniß der Zähne dar, als wenn das Getriebe noch einmal so viele Zähne hätte. Wäre die geringste Anzahl der Zähne, die man dem Getriebe geben mag, zehn, so kann man bei der erwähnten

Anordnung Getriebe von fünf Zähnen wählen, also den Durchmesser auf die Hälfte vermindern, wodurch bei gleicher Kurbellänge und gleicher Kraft der Effect verdoppelt wird. Bei Englischen Canalschleusen findet man zuweilen diese Einrichtung, sie bietet auch in der Construction keine weiteren Schwierigkeiten, als daß man zwei gleichmäÙig mit Zähnen versehene Getriebe und zwei Zugstangen gebraucht, die um eine halbe Zahnweite versetzt, unmittelbar an einander befestigt werden.

Endlich wird auch die Schraube häufig zur Bewegung der Schütze benutzt, und zwar in der Art, daß die Zugstange mit einer Schraubenspindel verbunden ist, deren Mutter mit cylindrischem Halse versehen in einer Pfanne in angemessener Höhe über der Laufbrücke ruht. An der äußern Fläche ist die Mutter mit Zähnen versehen, und zwar bildet sie ein konisches Rad, welches in ein zweites konisches Rad an der Kurbelachse greift. Auf diese Weise erhält letztere, wie es auch am vortheilhaftesten ist, eine horizontale Lage, während die Schraubenmutter sich um eine senkrechte Achse dreht. Der Anbringung eines Sperrhakens bedarf es in diesem Falle nicht, da die Reibung am Schraubengewinde schon genügt, um das Schütz gegen das Herabfallen zu sichern. Soll dasselbe aber herabgelassen werden, so muß man die Kurbel und mit ihr die Schraubenmutter zurückdrehn. Wollte man das Schütz aber unter starkem Wasserdruck herablassen, so würde dieses dadurch nicht gesenkt, sondern die Schraubenmutter aus der Pfanne gehoben werden. Man könnte solches vermeiden, wenn man die Mutter auch oben mit einem Halse und einer zweiten Pfanne versehen wollte, was jedoch nicht üblich ist. Der größte Uebelstand bei Anwendung der Schraube ist außer der starken Reibung, auch die Langsamkeit der Bewegung des Schützes.

Bei den Fig. 309 auf Taf. XLIV dargestellten Thoren der beiden Schleusen, die zum Junction-Dock in Hull führen, ist gleichfalls die Schraube zum Oeffnen und Schließen der Schütze benutzt, dieselbe ist hier aber in der Art zur Anwendung gekommen, daß die Schütze nicht nur gehoben, sondern auch unter starkem Wasserdruck gesenkt werden können. Von der eigenthümlichen Anordnung dieser Schützöffnungen, die dadurch gemacht werden, daß zwei Schütze sich heben, und zwei in

war bereits die Rede. Hierdurch wurde die Bedingung, daß die Schütze nicht in Ketten hängen durften.

Eine Schraube, welche durch eine mit Seitenarmen versehene Schraube, die man auf ihren vortretenden Kopf stellt, gedreht wird, ist oben wie unten unterstützt, so daß sie sich nicht heben kann. Ihre Mutter steht mit der Zugstange in Verbindung, welche die unter befindliche Schütze faßt. Diese Zugstange setzt aber auch die beiden andern Schütze in Bewegung, indem sie mit ihren nach außen eingeschnittenen Zähnen in ein Rad greift. Letzteres ist auf der gegenüber stehenden Seite eine zweite gezahnte Zugstange, die mit den beiden andern Schützen fest verbunden ist, so daß dieselben eben so tief herabdrückt, wie die ersten geschehen werden.

Daß in großen Schleusen die Schütze der Umläufe zuweilen durch Menschenkraft, sondern durch Wasserdruck bewegt werden, ist bereits am Schluß von § 71 erwähnt, und die Einrichtung der betreffenden Maschinen angedeutet.

Es wäre noch zu erwähnen, daß eine eigenthümliche Einrichtung in Umläufen bei Seeschleusen zum Spülen der Thore und Vorböden benutzt wird. In Liverpool bestanden ähnliche Anlagen vor den Kai mauern der Vorhäfen, durch welche man zur Zeit des niedrigsten Wassers aus dem Dock austreten ließ, welche die Niederschläge aus den Mauern beseitigten, so daß Schiffe hier anlegen konnten. Auf gleicher Weise hat der Ingenieur Hartley bei Erbauung des neuen Docks verzweigte Umläufe in die Flügel mauern gemacht, durch welche der Zugang zur Schleuse gespült und offen erhalten wird. Die Thore dieses Docks sind schon oben (§ 67) beschrieben. Sie schlagen, wie immer geschieht, nach der innern Seite des Docks auf. Der Drempel ist durch ein verkehrtes Giebel gebildet. Der gemauerte Boden an der äußern Seite tritt nach § 346 auf Taf. IIa im Grundriß und b im Längendurchschnitt, noch weiter vor und schließt sich an die Flügel an.

Die beiden mit A und B bezeichneten Oeffnungen in der Mauer sind die Mündungen derjenigen Canäle, durch welche die vier Ketten zum Oeffnen und Schließen der Thore gezogen sind.

Beide Figuren zeigen ausserdem die Umläufe, die zum Spülen der Schleusenmündung und zum Theil auch des Thorkammerbodens dienen. Der obere Theil des Grundrisses ist im horizontalen Querschnitt der Schleuse und zwar unmittelbar über dem Thorkammer- und Hinterboden gezeichnet, so dass er den Umlauf mit allen Abzweigungen desselben zeigt. Dieser Umlauf besteht zunächst in einem 3 Fuß breiten und $4\frac{1}{2}$ Fuß hohen Canal, der am Ende der Thorkammer beginnt, neben dem Drempel vorbeizieht und sich bis ans Ende der Flügelmauern, also an jeder Seite der Schleuse in einer Länge von nahe 250 Fuß hinzieht. Die Hahenschütze, wodurch diese Canäle geschlossen werden, liegen unmittelbar über dem Drempel, und zwar sind, um einen ganz sichern Schluss zu bewirken, jedesmal zwei derselben neben einander angebracht. Die Ketten, an welchen sie gehoben und herabgelassen werden, führen durch den Schacht C geführt, der in der untern Hälfte der Figur sichtbar ist.

Die obere Mündung jedes Umlaufs besteht in neun kleinen niedrigen Oeffnungen, die unmittelbar über dem Thorkammerboden in der Thornische angebracht sind. Diese Oeffnungen sind 1 Fuß hoch, und grösstentheils 3 Fuß breit. Sie verursachen, sobald der Umlauf in Wirksamkeit tritt, eine kräftige Strömung dicht über dem Thorkammerboden, und setzen dadurch den hier abgelagerten Schlick in Bewegung, den sie in sich hineinziehen und in die Mündungen führen. Die Ausmündungen bestehen dagegen in sieben grösseren Canälen, die ziemlich gleichmässig auf die ganze Länge der Flügelmauer vertheilt sind. Jeder derselben ist mit einem besonderen Schütz versehen, das gleichfalls in einem senkrechten Schacht befindet.

Der erste dieser Canäle ist, wie die Figur zeigt, nicht gespalten, und tritt unmittelbar hinter dem Drempel rechtwinklig gegen die Schleusenachse auf den gemauerten Hinterboden. Er erzeugt sonach an der Stelle, wo besonders Ablagerungen zu sorgen sind, einen kräftigen Spülstrom, der selbst auf den Drempel sich ausdehnt. Alle übrigen Ausmündungen liegen in den Flügelmauern und spalten sich jedesmal in fünf Arme, die durch Oeffnungen von 1 Fuß Höhe und $2\frac{1}{2}$ Fuß Weite über dem natürlichen Boden vor der Schleuse austreten. Indem man jedesmal nur einen dieser sieben Canäle in Wirksamkeit setzt, so ist die Strömung

andungen derselben stark genug, um die gewünschte Ver-
 zu bewirken. Die Erhaltung der Tiefe neben den Flügel-
 ist aber insofern wichtig, als dadurch Gelegenheit geboten
 dass kleine Fahrzeuge und namentlich Personen-Dampfböte,
 abhängig von der Fluth zu bestimmten Stunden ankommen
 gehen, hier anlegen können.

§ 73.

Nebentheile der Schleusen.

Einzelne Nebentheile, die im Vorstehenden entweder gar nicht
 nt. oder nur kurz berührt sind, kommen bei allen Schiffs-
 vor, andre dagegen nur unter besondern örtlichen Ver-
 . Sie dienen theils zur Sicherung der Schleusen
 zugehörigen Canäle, theils aber bezwecken sie eine Er-
 rung der Schifffahrt und grössere Bequemlichkeit im Gebrauch
 schleuse. Von den ersteren soll zunächst die Rede sein.

Schon bei der Bezeichnung der einzelnen Schleusen-Theile
 ist darauf hingewiesen, dass die gewöhnlichen Schiffschleusen
 Abführung des Hochwassers und überhaupt zum Durch-
 grosser Wassermassen nicht dienen können, und dass sie so-
 selbst, wie auch die zugehörigen Canäle sehr starken Ver-
 und sonstigen Beschädigungen ausgesetzt sein würden,
 man das Hochwasser hindurchströmen liesse. Die beiden
 kann in solchem Fall nicht gleichzeitig geöffnet werden,
 sie sich nicht öffnen lassen, sobald eine, wenn auch nur
 Niveau-Differenz zu beiden Seiten derselben noch besteht.
 dieses aber auch möglich, so mag man dennoch nicht die
 und Drempe dem Angriff der mit dem Hochwasser hin-
 strömenden Geschiebe und Eismassen aussetzen.

In America theilt man freilich dieses letzte Bedenken nicht,
 hat, wie bereits § 47 mitgetheilt, bei Canalisirung des Lehigh-
 in Pensylvanien die Schleusen in den Unterhäuptern mit
 opthoren versehen (Fig. 193 auf Taf. XXII), die durch den
 druck, der auf beiden Seiten des Thors in Wirksamkeit ge-
 rden kann, geöffnet und geschlossen werden. Wenn daher
 Werthore, welche gewöhnliche Stemmthore sind, nach dem

Anfüllen der Thorkammer geöffnet werden, so läßt sie Rede stehende Klappthor niederlegen, wodurch die Schl in eine Freiarche verwandelt. Der starke hindurch gehen kann auch wieder durch Aufrichten des Thores unterbrochen

Um mäfsige Wassermassen abzuführen, zieht man in sowohl in den Oberthoren wie in den Unterthoren die Sch weilen ergießt sich auch das Hochwasser von selbst in die insofern das Oberhaupt und die Oberthore nicht die erste Höhe haben, um dieses zu verhindern. In beiden Fällen die Thore in ähnlicher Weise wie Coupirungen, die man Stromarm erbaut, welcher verlanden soll. Ein kräftiger Sch hinein und führt feinen Kies und Sand zu. Da aber in der Weise sehr großen Profilen die Strömung viel schwächer bleiben diese zugeführten Massen in der Schleuse und liegen, und ehe nach dem Abgange des Hochwassers die Fahrt wieder eröffnet werden kann, muß man Ausdehmungs-Arbeiten vornehmen.

Es ergibt sich hieraus, daß Kammerschleusen, die von Strömen liegen, zur Abführung des Hochwassers nicht werden dürfen, vielmehr das Wehr und die zugehörige zu diesem Zweck schon genügen müssen. Eben so nöthig aber auch, daß das Oberhaupt und die darin befindlich eine solche Höhe haben, daß sie nicht überfluthet. Diese Bedingung ist in vielen Fällen, namentlich wenn das Wasser bis zu bedeutender Höhe sich erhebt, und ein Vorland sich seitwärts weit ausdehnt, nicht leicht zu erfüllen kommt auch, daß höhere Thore schwerer, also im Gebrauche bequemer werden, und selbst die große Höhe der Seiten des Oberhauptes manche Unbequemlichkeit beim Durchgange der Schiffe veranlaßt. Dieses ist der Grund, weshalb man die Schleusenmauern und Thore nicht bis zum höchsten hinaufreichen läßt.

In vielen Fällen, namentlich wenn die Thore mit Druck versehen sind, die einige Fuß hoch über den Mauern liegen, sich Gelegenheit, durch aufgesetzte Bohlen die Thore, nöthig ist, zu erhöhen. Auch in andern Fällen kann die Lehne der Laufbrücke zu gleichem Zweck benutzt werden, läßt sich durch horizontale Streben solche Ueberhöhung

gemeinlich keinem starken Wasserdruck ausgesetzt ist, da nach der Zeit der höchsten Anschwellungen die Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser nur gering zu sein pflegt. Je desto weniger bleiben diese Vorsichts-Maafsregeln bei plötzlichem Steigen des Wassers, und namentlich bei Schleusen, die neben grössern Ortschaften liegen, immer zweifelhaft. Dazu kommt noch, daß auch über den Schleusenmauern und bis zum Abflufs an höhere Ufer oder Deiche der Uebertritt des Wassers verhindert werden muß.

Bei Schleusen in Schiffahrts-Canälen sind ähnliche Vorkehrungen gegen Ueberströmungen meist entbehrlich, aber nichts desto weniger tritt auch bei ihnen häufig das Bedürfnis ein, bedeutende Wassermassen aus den vorbergehenden in die folgenden Strecken zu lassen. Am zweckmässigsten ist es daher, wenn man neben den Schleusen Freiarchen erbaut, die in solchen Fällen auch gewöhnlich vorkommen. Die Anlage derselben erleichtert man zudem dadurch, daß man sie unmittelbar neben die Schleusen baut, so daß die mittlere Mauer beiden gemeinschaftlich ist. Sind die Wassermengen, die abgeführt werden, nur geringe, so genügen auch die Schütze in den Thoren, oder die Umläufe.

Demnachst gehören zu diesen Nebentheilen der Schleusen die Flügelmauern, welche die Schleusenhäupter mit den Canälen verbinden. Die Anordnung derselben ist sehr verschieden. In den Französischen und Englischen Canälen bilden sie gemeinlich einen spitzen Winkel gegen die Schleusen-Achsen. Dieses ist ohne Zweifel für die Schiffahrt am bequemsten, indem dadurch das Ein- und Auslaufen in die Schleuse erleichtert wird. Es tritt aber dabei der Umstand ein, daß die Flügel sehr lang, und sonach auch sehr stark werden. Besonders ist dieses der Fall, wenn man sie auf der Geraden stellen muß, was jedoch bei diesen Canälen nur selten geschieht. Man erleichtert auch die Ausführung der Flügelmauern in England und Frankreich dadurch, daß man sie dossirt und ihnen nur eine geringe Stärke giebt. Sie erhalten aber gemeinlich auf ihre ganze Länge gleiche Dossirung, vielmehr wird diese mit grösserer Entfernung von der Schleuse immer flacher. Bei französischen Canälen läßt man sogar die Flügelmauer allmählig in die Dossirung der Canalufer übergehen. Diese ist anfangs senkrecht, wie die Schleusenmauer, erhält aber sogleich einige Neigung,

und indem dieselbe stets flacher wird, so erreicht sie jene Grenze, auf der zur Unterstützung der dahinter Erde keine eigentliche Futtermauer mehr erforderlich ist. setzt sie daher, und zwar wenn die Dossirung den W 45 Graden gegen das Loth bildet, durch ein Perré (§ 5), und dieses nimmt nach und nach eine flachere Dossirung an, die für das ungedeckte Canalufer bestimmte Neigung erreicht an dieses anschliesst. Die Ausführung solcher Flügel grössere Aufmerksamkeit, als bei anderer Anordnung, da ringe Unregelmässigkeiten sich in der ohne Unterbrechung laufenden Fläche auffallend zu erkennen geben.

Oft gehen auch die Flügelmauern in scharfer Krümmung der Schleuse aus, und erstrecken sich alsdann in gerader bis an das Canalufer. Die Sohle des Canals hat jederzeit Breite, die grösser ist, als die Weite der Schleuse. Es ist keineswegs angemessen, den Canal neben der Schleuse zu weil alsdann die Schiffe daselbst sich nicht begegnen können, dadurch das Durchschleusen verzögert wird. Eben so es statthaft, neben den Schleusen steilere Dossirungen den ufern zu geben, wenn sie nicht anderweitig befestigt werden.

Die Länge der Flügel wird um so geringer, je stumpfer Winkel ist, den sie mit der Achse der Schleuse machen, wird ein Minimum, wenn dieser Winkel ein rechter wird. Es indessen noch ein Mittel, wodurch man vorzugsweise eine winklig abgehende Flügelmauer bedeutend verkürzen kann, eine Besorgnis für die Erd-Dossirungen herbeizuführen, beruht darauf, dass man im Canal selbst Wände bildet, welche Dossirungen unter Wasser unterstützen. In Fig. 289 a auf Taf. bemerkt man an der linken Seite, also im Obercanal der die Anfänge von zwei Spundwänden, welche nach der Tiefe 10 bis 20 Fufs lang sind, und deren gegenseitiger stand mit der Sohlenbreite des Canals übereinstimmt. Ihre entspricht gewöhnlich der Höhe der Ufer und der mauern. Der obere Rand der Uferdossirung des Canals wird dann vor der Schleuse in einem Quadrant herumgezogen, so er sich an den obern Mauerrand der Schleuse und zwar winklig zur Längenrichtung der Schleuse anschliesst. Die rung zur Seite jenes Quadranten bildet eine Kegelfläche, =

ge in die Schleuse lehnt sich diese gegen die erwähnte Wand.

In den Americanischen Canälen wird die Schleuse häufig nicht in der Mitte des Canals, sondern an diejenige Seite desselben gegen den Leinpfad sich befindet, oder wenn solche auf beiden Seiten vorhanden sind, an diejenige, auf der die beladenen Schiffe abgehrt werden. In dieser Weise trifft die eine Seitenmauer an dem Ende der Canalsohle, und man erreicht dabei den Vortheil, die beladenen Schiffe ohne Veränderung ihrer Richtung und sehr nahe am Leinpfade hinein- und herausgezogen werden zu können. Auf der andern Seite erstrecken sich die Flügelmauern doppelter Krümmung bis zu den gegenüber liegenden Canal-Enden und bilden weite Räume, worin die später durchzuschleusenden Schiffe ohne Störung des Verkehrs liegen können.

Sowohl vor, als hinter einer Schleuse bilden sich beim Durchziehen der Schiffe, besonders wenn die Oeffnungen zum Füllen und Entleeren der Kammer recht groß sind, heftige Strömungen. Im Oberwasser sind sie wenig nachtheilig, da sie hier nicht die Schiffe treffen, vielmehr nach den Schütz-Oeffnungen gerichtet sind. Es fällt aber an die auffallende Erscheinung erinnert werden, daß beim Ziehen der Schütze anfangs das Oberwasser sehr merklich sinkt, in vielen Fällen sogar bis 6 Zoll sich senkt. Dieses rührt daher, daß das Wasser, wie jeder andre schwere Körper, momentan in Bewegung versetzt wird, vielmehr eine gewisse Geschwindigkeit erforderlich ist, ehe es die angemessene Geschwindigkeit annimmt. Es sinkt daher zunächst dasjenige Wasser, welches sich unmittelbar vor der Oeffnung befindet, während in einiger Entfernung das Oberwasser noch in vollkommener Ruhe bleibt, und erst allmählich anfangt, sobald der Wasserspiegel sich senkt. Nach dieser Zwischenzeit, und während die Kammer noch gefüllt wird, tritt ein Beharrungsstand im Oberwasser ein, indem der Zufluß und Abfluß gleich ist, und abgesehen von dem geringen Gefälle, das es sodann noch bleibt, hört jener tiefe Stand des Wassers auf. Nachtheiliger sind die Strömungen unterhalb der Schleuse, hier tritt eine Wassermasse mit großer Geschwindigkeit aus, die den allgemeinen mechanischen Gesetzen folgend, in der Richtung der Oeffnung sich fortbewegt, bis sie das Ufer trifft, durch andre Umstände abgelenkt wird. Das zur Seite, sowie

das darüber und darunter befindliche ruhende Wasser reißt sie sich fort. Dasselbe ersetzt sich dadurch, daß in entgegengesetzter Strömung andres Wasser hinzufließt und so bildet sich hier eine heftige Bewegung mit Wirbeln und Widerströmen, welche die Sohle so wie die Ufer des Canals, angreift. Dieses geschieht schon wenn auch in beiden Thoren die Schütze gleichmäßig gezogen werden, also beide Ströme sich zu einem gemeinschaftlichen Strom vereinigen, der die Richtung der Schleusenachse verfolgt. Unnachtheiliger ist es aber, wenn die Oeffnungen nicht symmetrisch liegen oder nicht gleichzeitig geöffnet werden, weil alsdann die Strömung seitwärts gerichtet ist, und ein Ufer trifft. Es stellt sich hiernach fast jedesmal das Bedürfnis heraus, die Canalufer nicht unterhalb der Schleuse zu decken, und zwar eben so, wie hinter Freiarchen und Wehren geschieht, in der Sohle mittelst eines Sturzbettes, und an den Ufern durch Anbringung von Deckwerken mit Steinschüttung oder durch ein in Kies gebettetes starkes Pflaster. Wie weit dabei die Vorsicht getrieben werden muß, und welche Ausdehnung man dieser Deckung zu geben hat, hängt von der Stärke und Richtung des Stroms ab.

Unter den Nebentheilen der Schleusen, welche die Erleichterung der Schifffahrt bezwecken, müssen die verschiedenen Vorrichtungen zum Befestigen der Schiffe erwähnt werden. Schon außerhalb der Schleuse, und zwar vor beiden Mündungen derselben dürfen dergleichen nicht fehlen, damit die Schiffe, wenn sie nicht sogleich durchgelassen werden können, sicher zu verfestigen sind.

Gewöhnlich stellt man Pfähle oder Schiffshalter, wie schon bereits §. 61 beschrieben sind, auf die Ufer. Die gegenseitigen Abstände derselben sind von der Länge der üblichen Schiffe abhängig. Sie müssen sich soweit längs des Canals hinziehen, als die Anzahl der zu Zeiten hier angesammelten Schiffe es fordert. Vor dem Eingange in die Schleuse stehen sie auch im Canal selbst, und dienen alsdann noch dazu, das Einfahren zu erleichtern. Es wird nämlich schwierig sein, ein dicht vor der Schleuse und zwischen den Ufern liegendes Schiff hineinzubringen, weil es alsdann eine scharfe Wendung machen müßte. Man bildet daher noch eine Art von Flügeln, indem man verholzte Pfahlreihen vor den Eingang der Schleuse stellt. Die oben erwähnten Spundwände haben zum Theil

den Zweck. Bei den kleinern Englischen Canälen pflegt auch starke Hölzer in der Höhe des Wasserspiegels gegen Pfähle zu befestigen. Dieselben geben den Schiffen beim Ein- und Ausfahren in die Schleuse die gehörige Richtung und dienen außerdem zum Einsetzen der Haken oder zum Befestigen der Taue. Auch in der Schleuse bedarf das Schiff der sichern Haltung, um nicht durch die Strömung, die beim Oeffnen der Schütze entsteht, zu heftig gegen die Seitenwände, oder wohl gar gegen die Thore gestossen werde. Es befinden sich daher zu beiden Seiten der Kammer, und zwar hinter den Mauern, wieder Schiffspfähle. Außerdem pflegt man auch noch in der äußern Fläche der Mauer Schiffsringe anzubringen, d. h. starke und gehörig verteilte eiserne Ringe, durch welche man von dem in der Schleuse liegenden Schiffe aus, Taue ziehen kann. In Fig. 47a auf Taf. III ist ein solcher Schifferring dargestellt, er hängt an einer Kette, die mit einem Anker verbunden ist. Der Ring und eben so die Kette dürfen aber nicht vor die Mauer vortreten, weil sie sonst die Weite der Schleuse beschränken würden. Man bildet daher in der Mauer ein Werkstück, worin sie sich befinden, eine Höhlung, die Beide aufnehmen kann. Bevor das Tau durch den Ring gezogen werden kann, muß dasselbe gefaßt und etwas aufgehoben werden, was in manchen Fällen, und namentlich wenn es darauf ankommt, möglichst schnell das Tau zu befestigen, unbequem und störend sein kann. Auch ist es möglich, daß der Ring nicht von selbst zurückfiele, und daß er alsdann vor die Mauer vortritt, Veranlassung gebend, daß ein Schiff sich dagegen klemmt. In beiden Bedingungen sind die festen eisernen Kreuze, die man Fig. 261a auf Taf. XXXV sieht, vorzuziehen. Sie liegen ganz in der Mauer, in den Werkstücken, worin sie angebracht sind, mit halbkugelförmigen, oder ellipsoidischen Vertiefungen versehen sind. Die beiden Stangen welche zusammen das Kreuz bilden, sind etwas gekrümmt, so daß sie in der Mitte nahe in die Flucht der äußern Mauerfläche treten, während ihre Enden tief genug in den Stein eingreifen, um gehörige Haltung zu haben. Da gemeinhin kein starker Zug gegen diese Kreuze ausgeübt wird, so begnügt man sich, die Enden der Stangen nur zu vergießen, doch erhalten sie ihre Festigkeit, wenn sie wie Anker tief in den Stein eingreifen. Fig. 347 auf Taf. II zeigt diese Anordnung. α ist die An-

sicht des in der ellipsoidischen Nische angebrachten Kreuzes b der horizontale Durchschnitt durch die Mitte des Steins. Die horizontale Stange ist gekrümmt, und bildet einen Kreisbogen. Wenn es möglich wäre, die Bohrlöcher so auszuführen, daß sie ebenfalls gekrümmt wären und in den Bogen desselben Kreises fielen, so könnte man, ohne bedeutenden Spielraum zu geben, eine kreisförmig gekrümmte Stange vor dem Versetzen des Werkstücks einschieben. Da jedoch gekrümmte Bohrlöcher nicht darzustellen sind, so muß man die geraden Bohrlöcher so erweitern, daß die Stange noch hineingebracht werden kann. Dieses ist auch ein Nachtheil, indem die Löcher vergossen werden. Man überzeugt sich aber leicht, daß diese Stange, indem sie auf beiden Seiten sich gegen den Stein lehnt, sicher befestigt ist. Die andre Stange, welche die auf- und abwärts gerichteten Arme des Kreuzes bildet, liegt hinter der ersten, und lehnt sich gegen diese, woher ihre Befestigung weniger Vorsicht erfordert. Sie besteht aus einem Balken, dessen Arme parallel auslaufen und in zwei entsprechende Bohrlöcher des Steins vergossen werden.

Gemeinhin ist der Zug gegen die Schiffsringe und Kreuzen nicht so bedeutend, daß ein Herausreißen der Steine zu besorgen wäre. Nichts desto weniger würde eine solche Gefahr doch eintreten, wenn diese Steine sehr wenig in die Mauer einbänden, und muß daher jedesmal hierzu Werkstücke anwenden, die hinreichend tief eingreifen und sorgfältig und zwar mit Anwendung von gutem Mörtel versetzt sind. Sollten diese Maßregeln nicht genügend scheinen, so sind hierbei in gleicher Art, wie an Hafenmauern vorgeht, die Steine als Binder zu behandeln, die auch wohl durch einen angemessenen Fugenschnitt oder Verdübelung den Druck auf die nächsten Steine übertragen. Eine vollständige Verankerung der Schiffsringe gegen die hintere Fläche der Mauer, oder gegen beide Ankerpfähle, ist aber jedenfalls bei Schleusen entbehrlich.

Dagegen kommt es bei Schleusen, welche die Eingänge zu Seehäfen bilden, häufig vor, daß kräftige Erdwinden darauf, und daneben gestellt werden müssen, um die Schiffe hinein zu bringen. Auf den Seeschiffen selbst befinden sich freilich stets dergleichen Vorrichtungen, doch genügen diese nicht, um den zuweilen erforderlichen Zug auszuüben. Besonders bei ungünstigen Winden, wenn ein heftiger Strom in der Nähe der Schleuse stattfindet,

Bedürfnis am stärksten ein', und gerade in solchem Fall die möglichste Eile geboten, um das Schiff in Sicherheit zu bringen.

Auch beim Durchgange durch Dockschleusen, während dieser schon zu fallen beginnt, geschieht es wohl, daß das Schiff die Schwelle berührt und dadurch festgehalten wird. Alsdann muß es, indem das Schließen der Thore unter allen Umständen geboten ist, mit der größten Kraft sogleich hinein oder hinaus gebracht werden.

Daß man in den Kammermauern zuweilen Treppen anbringt, davon oben (§. 63) erwähnt worden. Sie kommen selten vor, können auch unbedenklich entbehrt werden, wenn nicht etwa für Controlen oder Nachmessungen der durchgehenden Schiffe kommen werden müssen. In diesem Fall ist es allerdings am meisten zeitraubend, wenn der nothwendige Aufenthalt des Schiffes in der Schleuse hierzu benutzt wird, und es weder vorher, noch nachher ans Ufer legen darf, um den Beamten aufzunehmen oder abzusetzen. Die Anlage solcher Treppen ist aber mit namhaften Kosten verbunden wegen der nothwendigen Verbreiterung der Kammermauern, und überdies ist sie auch für den Verkehr neben der Schleuse störend, besonders wenn man sie mit Geländern umgibt.

Eine einfachere Anordnung, die denselben Zweck erfüllt, von den erwähnten Uebelständen frei ist, findet man zuweilen bei Schleusen für Seeschiffe, sie ist nur weniger bequem, indem die Treppe sich in eine senkrecht stehende Leiter verwandelt. In der Kammermauer ist nämlich an passender Stelle ein senkrechter Einschnitt, von 8 Zoll Tiefe und 18 bis 24 Zoll Breite, darin befinden sich im Abstände von etwa 3 Zoll von der Mauer eiserne, oder kupferne Stäbe, welche die Sprossen der Leiter bilden und 1 Fuß von einander entfernt sind. Wegen der großen Tiefe des Falzes ist dabei eine Verstärkung der Mauer erforderlich, und eben so ist auch die Anbringung eines Geländers entbehrlich, während andererseits die Schiffe mit den Sprossen der Leiter gar nicht in Berührung kommen.

Bei Schleusen, die für den Durchgang von Flußschiffen bestimmt sind, kommen vielfach noch zwei andre Treppen vor, nämlich auf den Canal-Ufern oder in den Flügelmauern neben den Eingängen zur Schleuse. Man muß diese Treppen bei der gewöhnlichen Art des Schiffsahrts-Betriebes als nothwendig be-

zeichnen, denn ein Theil der Mannschaft geht beim jedesmaligen Passiren einer Schleuse auf das Ufer, um theils den Schleusenwärter beim Oeffnen und Schliessen der Schütze und Thore zu unterstützen, theils aber auch um die Taue und Fangleinen, woran das Schiff gehalten und gezogen wird, zu befestigen und zu lösen, und die sonst etwa erforderliche Hülfe zu leisten. Wenn diese Treppen nicht vorhanden sind, so steigen die Leute auf den Dammungen der Ufer auf und ab, und indem sie jedesmal die festesten Stellen wählen, so zertreten sie auf große Strecken den Rasen. Die Treppen, die man erbaut um dieses zu verhindern, müssen aber nicht nur bequem, sondern auch fest sein, und am vortheilhaftesten ist es, sie seitwärts in die Flügelmauern zu legen. Dies geschieht fast jedesmal am Unterhaupt, während es bei niedrigen Ufern am Oberhaupt oft entbehrlich ist, wenn man nämlich hier unmittelbar aus dem Schiff auf die Mauer treten kann.

Unsere Schleusen werden jedesmal eben so, wie die Französischen und größtentheils auch die Niederländischen mit Pegeln versehen, von denen einer den Stand des Oberwassers, und ein zweiter den des Unterwassers anzeigt. Diese Vorsicht begründet sich vollständig dadurch, daß ein Blick auf die Pegel, deren Beziehung zu der Höhe der Drempel man kennt, genügend ist, um zu beurtheilen, ob ein Schiff von gewissem Tiefgange die Schleuse passiren kann, oder nicht. Außerdem kann der Wärter einer Canalschleuse sich dadurch auch immer am leichtesten überzeugen, ob in der vorhergehenden und folgenden Strecke der normale Wasserstand gehalten wird, und ob er etwa, um diesen wieder darzustellen, die Schütze in der Schleuse, oder der Freiarche zieht, oder die sonstigen Wasserlösen in Betrieb setzen soll.

Zur Beurtheilung der Wasserstände auf den Drempeln ist es am bequemsten, die Nullpunkte der Pegel in die Horizonte dieser Drempel zu legen. Der am Pegel beobachtete Wasserstand zeigt alsdann unmittelbar die Höhe des Wassers über dem betreffenden Drempel an. Nichts desto weniger legt man häufig die Nullpunkte beider Pegel in denselben Horizont, und zwar in den des Unterdrempels, um aus der Differenz der beiden beobachteten Wasserstände das Gefälle der Schleuse leicht zu erkennen.

Gemeinhin stellt man die Pegel in die Dammfalze des Ober- und Unterhauptes, wo sie vor äussern Beschädigungen geschützt

und sowohl von den durchgehenden Schiffen, als auch von gegenüber stehenden Mauer bequem beobachtet werden können. Jedesto weniger ist diese Stellung doch insofern nicht passend, wenn jeder Reparatur der Schleuse und selbst bei den oft wiederholten Instandsetzungen der Schleusenthore die Dammbalken abgelegt und zu diesem Zweck die Pegel beseitigt werden müssen, und sie beim spätern Einstellen leicht eine etwas andre Höhe erhalten. Passender ist es daher, sie in besondere flache Nischen zu setzen.

Von den Laufbrücken auf den Schleusenthoren, die oft häufigen Passage von Fußgängern geöffnet werden müssen, wurde bei Beschreibung der Thore mehrfach die Rede gewesen. Es war nur zu erwähnen, daß man sie meist auf der nach dem Wasser gekehrten Seite vortreten läßt, damit sie beim Oeffnen der Thore über den Schleusenmauern stehen, und die Schleuse nicht verengt. Doch legt man sie zuweilen, wenn sie nur von den Thoren betreten werden und aus einer einzigen Bohle bestehen, auf die andre Seite, sie müssen alsdann aber beim jedesmaligen Oeffnen des Thors aufgeklappt, und die Stützen, worauf sie ruhen, zurückgeschlagen werden.

Sollen größere Brücken, die für Fuhrwerk dienen, über einer Schleuse erbaut werden, so thut man wohl, sie auf das Unterhaupt zu verlegen, noch unterhalb der Unterthore zu verlegen, weil sie alsdann vollständig über dem Unterwasser liegen, und sonach höhere Fahrzeuge darunter durchgehn können, ohne daß sie mit Vorrichtungen zum Oeffnen versehen sein dürfen. Hierbei tritt freilich der Nachtheil ein, daß die Schleusenmauern nahe um die volle Breite der Brücke verlängert werden müssen, was nicht nöthig wäre, wenn die Brücke über die Schleusenkammer gelegt hätte. Zuweilen thut man auch diese Verlängerung, ohne den ersten Vortheil zu verlieren, indem die Brücke über dem äußersten Theile der Thor- und dem Hinterboden des Unterhauptes angebracht wird. Man ist man aber gezwungen zum Oeffnen und Schließen der Schleuse eine Vorrichtung zu wählen, die wenig Raum erfordert.

Wenn dagegen die durchgehenden Schiffe Masten führen, die niedergelegt werden können, was namentlich bei Seeschiffen der Fall ist, so kommt es auf den geringen Höhen-Unterschied

zwischen Ober- und Unterwasser nicht an, und es ist gleichgültig, an welcher Stelle die Brücke erbaut wird.

Schließlich muß noch der Vorrichtung zum Wiegen Schiffe in den Schleusen Erwähnung geschehn, die man bei Americanischen Canälen mehrfach angewendet hat, um die Ladungen sicher zu ermitteln. Dergleichen Vorrichtungen befinden sich an beiden Enden des Shuylkill-Canals in Pennsylvanien. Der Canal beginnt bei Mill-Creek auf dem Gebirgszuge Blue Ridge genannt, und zieht sich Theils neben, theils in dem Flusse Schuylkill bis zu dessen Mündung in den Delaware bei Philadelphia hin. Er wird beinahe ausschließlich zum Transport der Anthracit-Kohle benutzt, die von hier aus über einen großen Theil der Freistate sich verbreiten, und eben dadurch diesem Canal Bedeutung gibt.

Jedes Schiff wird leer gewogen, außerdem wird es jedesmal, wenn es beladen herabgeht, in einer oder der andern Schleuse wieder gewogen. Das Bassin, worin die Wiegung vorgenommen wird, ist einer gewöhnlichen Schiffsschleuse gleich, es unterscheidet sich davon nur dadurch, daß die Kammer auf beiden Seiten mit Oberhäuptern versehen ist, und durch Seitencanäle vollständig geleert werden kann. Die Weite der Schleuse in den Häuptern beträgt $17\frac{1}{2}$ Fuß und die Länge der Kammer von Thor zu Thor 85 Fuß. Der Eingang in jedes Haupt wird nur durch ein einzelnes Thor geschlossen und zwar durch ein solches, das sich um eine horizontale Achse dreht. Beide Thore werden nach der von der Kammer abgekehrten Seite zurückgeschlagen, so daß beide Oefnungen das Wasser abhalten.

Auf 57 Fuß Länge ist die Kammer um 2 Fuß verbreitert, hier befindet sich der rostförmige Rahmen, auf den das zu wiegende Schiff gestellt wird. Dieser Rahmen hängt, wenn das Schiff einfährt, nahe über dem Boden der Schleuse. Beim Ablassen des Wassers sinkt das Schiff darauf herab, und mittelst eines Systems von fünf Hebeln bringt man es in ähnlicher Art, wie bei gewöhnlichen Brückenwagen mit dem Gegengewichte ins Gleichgewicht. Man wiegt auf diese Weise Schiffe, deren Brutto-Gewicht 3000 Centner beträgt.

Zwölfter Abschnitt.

genthümliche Schiffsschleusen.



§. 74.

Schiffsschleusen mit Spülthoren.

Neben den im vorigen Abschnitt beschriebenen Kammerschleusen sind noch verschiedene andere Schleusen und sonstige Vorrichtungen zum Heben oder Herablassen der Schiffe aus einem Wasserstand in das andre, die zum Theil nicht nur den Uebergang der Schiffe vermitteln, sondern daneben noch andre Zwecke erfüllen, und theil aber so wesentliche Verschiedenheiten in der ganzen Einrichtung zeigen, daß die Zusammenstellung derselben nöthig erscheint.

Zunächst mag von denjenigen Schiffsschleusen die Rede seyn, welche zugleich als kräftige Entwässerungs- oder Fluthschleusen dienen, die also zur Abführung großer Wassermassen geeignet sind. Bei der gewöhnlichen Schiffsschleuse lassen sich die Thore nur öffnen und schließen, wenn die Niveau-Differenz zwischen den beiderseitigen Wasserständen vorher aufgehoben ist. Ihre ganze Oeffnung kann nicht früher frei werden. Wenn man das Oberwasser senken, oder das Unterwasser heben will, was bei Canälen häufig erforderlich ist, so bleibt nur übrig, hierzu Schütz-Oeffnungen in den Thoren oder die Umläufe zu benutzen, durch aber nur eine müßige Strömung dargestellt werden kann. Bei Entwässerungen ist das Gefälle fast immer nur sehr geringe, daher große Wassermassen abzuführen, muß man bedeutende Schütze darstellen, was mittelst solcher kleinen Schütz-Oeffnungen nicht möglich ist. Wichtiger ist bei den Seeschleusen noch das Bedürfnis zur Erzeugung eines kräftigen Spülstroms, und die Mehrzahl der Schleusen, die zunächst beschrieben werden sollen, besitzen in der That nur die Spülung der Hafenmündungen. Der

in der kurzen Zwischenzeit von sechs Stunden wiederholten Wechsel zwischen Fluth und Ebbe bietet Gelegenheit, einen tigen Strom im Eingange des Hafens zu erzeugen und dadurch Kies-, Sand- oder Thonmassen zu beseitigen, die vorzugsweise gerade hier sich abzulagern pflegen. Man fängt in einem Bassin das Hochwasser auf, und sperrt es gewöhnlich mittelst nur zu diesem Zweck erbauten und keineswegs zum Durchfahren von Schiffen dienenden Spülschleuse so lange ab, bis an der niedrigste Wasserstand eingetreten ist. Alsdann öffnet plötzlich die Schleuse, und indem die Verbindung in großer dargestellt wird, stürzt sich die aufgefangene Wassermasse in tiger Strömung nach der See und reißt den Sand und Thon selbst die Steine, welche in der Hafenmündung sich angesammelt hatten, mit sich fort. Es darf kaum darauf hingewiesen werden, daß die Wirkung fast verschwindet, wenn man dieselbe Wassermasse sehr langsam, oder durch eine kleine Oeffnung weglassen lassen. Es ist daher Bedingung, daß in der Spülschleuse plötzlich eine weite Oeffnung frei werden muß.

Gewöhnlich befindet sich die Spülschleuse vor einem besonderen Bassin, in welches die Fluth eintritt, und das man erst abschließt, sobald das Wasser den höchsten Stand erreicht hat. Diese Schleusen werden von Schiffen nicht passirt. Zuweilen benutzt man auch das Dock oder den Binnenhafen, worin das Hochwasser zurückgehalten wird, als Spülbassin und dieselbe Schleuse, welche die Schiffe aus- und eingehn, dient zugleich als Spülschleuse. Von den Uebelständen, welche diese Verbindung mit sich bringt, wird bei Gelegenheit des Hafenbaues die Rede sein, es liegt aber ein, daß in einer solchen Schleuse die Thore nicht nur gegen einen starken Wasserdruck geöffnet, sondern auch geschlossen werden müssen, während noch eine heftige Strömung hindurchfließt, da im Dock ein hoher Wasserstand gehalten werden muß, bei dem die darin liegenden Schiffe noch schwimmen. Die §. 67 und 68 beschriebenen Thore, die sich um horizontale Achsen drehen, sind diesen Zweck ungeeignet, da sie sich nur in mäßiger Breite und Höhe ausführen lassen.

Am häufigsten hat man diese Aufgabe dadurch gelöst, daß man gewöhnliche Schleusenthore mit Spülthoren versehen hat. Die Figuren 348 und 349 auf Taf. II. zeigen in der

und im horizontalen Querschnitt diese Anordnung, wie solche auch in den Niederlanden vorkommt. In ähnlicher Weise, wie die zweiflügeligen Klappen in den Thoren zum Füllen und Entleeren der Schleusenkammer benutzt werden (§ 72 und Fig. 339), können im vorliegenden Fall grössere Klappen, welche die Breite eines Thors schliessen, zum Durchlassen grösserer Massen benutzt werden.

Das Schleusenthor ist dabei wie Fig. 348a zeigt, in gewöhnlicher Weise zusammengesetzt, und unterscheidet sich nur dadurch, dass der Zwischenraum zwischen dem Schwellrahmen und dem untern Riegel bedeutend vergrößert, und ganz frei ist. In diesem Theile ist demnach die Bekleidung, so wie auch die Strebe erst weiter oben in die Wendesaule verzapft ist. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass das Thor hierdurch geschwächt wird, man pflegt es daher durch Zugbänder noch zu sichern, auch sämtliche Bekleidungsbohlen als Streben wirken zu lassen, und überdies für eine möglichst feste Zusammensetzung zu sorgen, nichts desto weniger sind diese Vorsichts-Massregeln ungenügend sein, wenn ein solches Thor eine bedeutende Breite erhalten sollte. Man wendet demnach diese Construction nur bei kleinern Schleusen an, deren lichte Weite in den Häuptern sich auf 20 bis 24 Fufs beschränkt.

In die erste Figur, welche das Schleusenthor zeigt, ist das Thor nicht eingezeichnet, dieses vielmehr in Fig. 349 besonders dargestellt. Es zeigt sich in *a* von derselben Seite, wie das Schleusenthor. Es ist oben und unten mit vortretenden Zapfen versehen, und diese stehen in Pfannen, welche in die untere Fläche des untern Riegels und die obere Fläche des Schwellrahmens eingepasst sind. Letztere sieht man Fig. 348b. Diese beiden Flügel des Spülthors sind gemeinhin nicht von gleicher Länge, vielmehr ist derjenige, der sich an die Wendesaule lehnt, um den rechten Theil länger, damit das Thor durch den Wasserdruck selbst geöffnet wird, sobald man die Spülung eintreten lässt.

Die Construction dieser Spülthore stimmt wieder einigermaßen mit der der gewöhnlichen Schleusenthore überein, die Wendesaule befindet sich aber in der Mitte, und an jeder Seite eine Stützsäule. Mittelsriegel kann man dabei nichtfüglich anbringen, da durch die Ueberschneidung der Wendesaule sowohl selbst das Thor geschwächt würden, als auch letztere dabei leiden müßte.

Ueberdies ist die Höhe dieses Thors so gering, daß ein Mittelriegel dabei entbehren kann. Vorragsweise wird dieser die nothwendige Steifigkeit durch den obern und untern Riegel geben, und man wählt dazu besonders breite Hölzer, die in der Mitte recht stark gehalten werden, während sie an den Enden sich verjüngen. Hierdurch bestimmt sich der horizontale Querschnitt des Thors (Fig. 349 b). Um die Zapfen, welche die Drehungsachse bilden, anbringen zu können, werden die erwähnten Rahme an der dem Unterwasser zugekehrten Seite durchgeschnitten, und die Wendesäule erhält die ganze Höhe des Spülthors. Offenbar veranlaßt diese Anordnung eine merkliche Schwächung des Thors und seine Steifigkeit leidet dadurch. Man bemüht sich indessen, diesen Uebelstand möglichst zu mäßigen, indem man die Rahme nur so weit einschneidet, daß die Zapfen ungehindert durchgreifen. Außerdem werden die Zapfen gewöhnlich auf der Mittellinie des Thors noch etwas nach der dem Unterwasser zugekehrten Seite versetzt (Fig. 349 b), und endlich wird durch sorgfältige Arbeit und durch Eisenbeschläge dem Durchbiegen der Rahme und des ganzen Thors thunlichst vorgebeugt. Man könnte leicht eine andre Construction wählen, wobei die beiden Thors nicht in dieser Art geschwächt würden, aber alsdann wird die Aufstellung des Spülthors noch schwieriger. Man kann dann nämlich nicht in das fertige Schleusenthor einsetzen und bei kommenden Reparaturen herausnehmen, vielmehr ist seine Wendesäule aus dem letztern gar nicht zu entfernen, ohne dieses zu zerstören. Die beschriebene Anordnung bietet die Erleichterung, so oft es nöthig ist, den ganzen übrigen Theil des Thors von seiner Wendesäule lösen und später wieder daran festigen kann.

Die erwähnten Zapfen sind an die Wendesäule angeordnet und mit metallnen Ringen bekleidet, die Pfannen, worin sie drehen, bestehn gleichfalls aus Metall. Was im Uebrigen die Construction betrifft, so ergiebt dieselbe sich mit hinreichender Klarheit aus der Figur. Die Schlagsäulen sind in die beiden Thors eingezapft. An jeder Seite befindet sich eine Strebe, die einen Theil der Bekleidung bildet, und sich an die übrigen in gleicher Richtung aufgenagelten Bohlen anschliesst.

Der kürzere Flügel dieses Thors, der beim Aufgeh

des Oberwassers aufschlägt, wird wenn er geschlossen ist, den Wasserdruck gegen die Falze in der Schlagsäule und im Flügel und Schwellrahmen des Schleusenthors fest angedrückt, dadurch wird der längere Flügel, soweit die Steifigkeit desselben es erlaubt, durch den Wasserdruck von den umgebenden Verbindungen entfernt, und die Fugen sind daher hier nicht sicher geschlossen. Die erwähnten vortretenden Ränder, welche die Falze der untern Fläche des untern Riegels und der obern Fläche des Schwellrahmens begrenzen, sind in Fig. 348 sichtbar. Es ergibt sich auch daraus, daß dergleichen Ränder in der Nähe der Wendesäule des Spülthors nicht angebracht werden können, weil dieses den nöthigen freien Raum zu seiner Drehung behalten muss. Diese Säule sowohl oben, wie unten bleibt daher offen.

Insofern derjenige Flügel des Spülthors, der nach dem Unterwasser aufschlägt, länger ist, als der entgegengesetzte, so würde das Thor, sobald einige Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser eingetreten wäre, und der Ueberschuß des Drucks der erstern die Reibung überwinden könnte, sich sogleich von selbst öffnen. Um dieses zu verhindern, ist das Schleusenthor noch mit einem hebel förmigen Vorreiber (den man in den Niederlanden *Peeraam* oder *Königs-Stiel* nennt), versehen. Die Figuren 348a und b zeigen ihn. An der Wendesäule des Schleusenthors befindet sich nämlich eine zweite Wendesäule von der Höhe des Spülthors, in ihrer Anordnung und Wirksamkeit entspricht sie der in Fig. 191 auf Taf. XXII dargestellten, und zum Zurückhalten und Abheben Lösen der Dammbalken in Freiarchen dienenden Wendesäule (§. 46). Wenn sie die in Fig. 348 gezeichnete Stellung einnimmt, so drückt sie gegen die Schlagsäule am längern Flügel des Schleusenthors, und hält dasselbe geschlossen. Um den gehörigen Druck zu üben, ist sie mit einem längeren Hebelaarm versehen, der bis zum obern Rahm des Schleusenthors heraufreicht, und hier an einen Ueberwurf zurückgehalten wird. Dieser Arm besteht ähnlich in einem krumm gewachsenen Holz, und ist mittelst des Riegels in der Höhe des obern Rahms des Spülthors noch mit der Wendesäule verbunden, während Eisenbeschläge diese Verbindungen möglichst sichern. Die Wendesäule hat oben, wie unten Zapfen, die in eisernen Bügeln sich drehn. Soll die Spülung erfolgen, so braucht man nur den Ueberwurf zu lösen, worauf

sogleich der Hebel mit der Wendesäule durch den Wasserdruck zurückgeschlagen wird.

Zum Zurückdrehn des Spülthors ist in der Regel keine besondere Vorrichtung getroffen. Wenn gespült wird, so findet während aufwärts der niedrige Wasserstand statt, die im Bassin aufgefangene Masse ab, und erst wenn die Durchströmung aufgehört hat, stößt man das Spülthor wieder zurück und befestigt es mittelst des beschriebenen Hebels. Man kann indessen auch leicht durch Taue oder Ketten das Spülthor gegen den mäfsigen Wasserdruck zurückziehen. Dieser Druck läßt sich dadurch aufheben, daß man, wie zuweilen wirklich geschieht, die Flügel einander gleich macht, und den einen mit einer Schutzvorrichtung versieht. Dieses Schütz wird mittelst einer Kette gesichert, damit die Kette aber die Bewegung des Spülthors nicht hindert, muß sie in der Achse desselben, oder doch nicht weit davon entfernt gehalten werden. Alsdann ist der Wasserdruck gegen den Flügel, worin das Schütz sich befindet, minder stark, als gegen den andern, und das Thor öffnet sich von selbst, sobald der Hebel gelöst wird. Will man die Spülung unterbrechen, so löst man zuerst die Kette, woran das Schütz hängt, und dasselbe sinkt, wenn es hinreichend schwer ist, sogleich herab, indem es in dem vollständig geöffneten Thor von beiden Seiten gleichem Druck ausgesetzt ist. Hierdurch wird die Verschiedenheit des Drucks gegen beide Flügel des Thors aufgehoben, und mittelst der vorerwähnten Ketten oder Taue kann man, selbst bei bedeutender Niveau-Differenz und bei heftiger hindurchgehender Strömung das Spülthor schließen. Auf diese Weise ist die Spülung beliebig zu unterbrechen, und die Senkung des Wasserstandes im Hafen zu einem bestimmten Maafs zu beschränken, falls dieses erforderlich sein sollte.

In andrer Beziehung ist dieses Spülthor keineswegs von bedeutenden Mängeln frei. Daß es nicht wasserdicht ist, ist bereits erwähnt worden. Man pflegt deshalb, sobald die Schleuse zum Durchgange von Schiffen, oder zum Spülen benutzt wird, den Wasserdruck auf das zweite Thorpaar der Schleuse zu übertragen. Wichtiger ist der Mangel an Festigkeit, der durch die große freie Oeffnung im Thor veranlaßt wird. Namentlich erhält die Strebe eine unzweckmäfsige Stellung, und kann dem Sacken

nicht genügend vorbeugen. Sobald aber das Schleusenthor um verändert, so schließt das Spülthor noch weniger, und wird unbrauchbar, indem es sich nicht mehr öffnet, oder wenn langsam geöffnet wurde, sich nicht wieder schließen läßt. Uebelstand ist als besonders nachtheilig anzusehn, da er zu erhebenden Reparaturen Veranlassung giebt. Endlich entstehen in vielen Fällen auch die Größe der freien Oeffnung nicht zur Noth. Man bringt freilich in beiden zusammengehörigen Thoren dergleichen Spülthore an, da aber die beiden Schlag- und Wendesäulen der Schleusenthore, so wie auch die Säulen der Spülthore die Weite der Oeffnung beschränken, so derselben aber vollends in mäßigen Grenzen zu bleiben, weil sonst die Verstrebung zu sehr leiden würde, so ist die Möglichkeit einer Spülung mit diesen Thoren in vielen Fällen nicht so sehr von dem verschieden, den man erreichen würde, wenn man den Thoren mehrere große Schütz-Oeffnungen angebracht

weilen sieht man in den Niederlanden auch Thore dieser Art, bei die Spülöffnung die ganze Höhe zwischen dem obern und dem Schwellrahmen einnimmt. Ein solches Thor hat gar keine Mittelriegel, dagegen setzt sich die Wendesäule der Schleusenthore, welche in diesem Falle besonders stark wird, noch mehrere Fuß über das Halstband und die Mauer fort, und vom obern Ende desselben läuft ein Band bis zu dem obern Rahm des Thors in der Nähe der Säule herab. Indem dieses Band an beiden Enden mit Eisenbeschlägen versehen ist, so verhindert es, soweit seine Länge und die Steifigkeit der Wendesäule gestatten, ein starkes Biegen des Thors. Eine Schleuse dieser Art befindet sich bei Schiedam.

Der erste und wohl der gelungenste Versuch, eine große Schleuse unter starkem Wasserdruck schnell zu öffnen und wieder zu schließen rührt von Donker her, wobei das betreffende Thor ein zweites, in entgegengesetzter Richtung aufschlagendes Thor bildet. Zwischen diesen Thoren bilden sich an beiden Seiten Räume, in welchen, wenn sie auch nicht ganz wasserdicht abgegrenzt sind, doch wenigstens annähernd der Stand des Oberwassers dargestellt werden kann. Die verschiedene An-

füllung dieser Räume erzeugt diejenigen Pressungen, wodurch Thore sich von selbst öffnen und schliessen, während noch Wasser auf den Schleusenmauern ihre Bewegungen unterstützen. Im Jahr 1770 wurde die erste Schleuse dieser Art bei Gouda erbaut. Sie hatte nur die Weite von 15 Fufs. Acht Jahre später kam als eine gleiche Schleuse von 30 Fufs lichter Weite bei Schiedam zur Ausführung. Beide stimmen in ihrer ganzen Anordnung sehr genau mit einander überein, und letztere ist in Fig. 350 *a* und *b* in Grundrifs und im Längendurchschnitt dargestellt.

Die Seite, wo der Buchstabe *A* steht, ist die äufsere, oder der Maas zugekehrt, und hier befindet sich zur Abhaltung der höchsten Fluthen noch ein gewöhnliches Paar Stemmthore. Bei *B* steht die Schleuse mit dem Canal in Verbindung, dessen Wasser zur Zeit der Ebbe in die Maas abgelassen wird. Das der Canalseite am nächsten befindliche Thorpaar *C* unterscheidet sich von einem gewöhnlichen durch die grofse Länge beider Flügel. Dieselben bilden, wenn sie geschlossen sind, zwei Seiten eines gleichseitigen Dreiecks. Im Uebrigen zeigt ihre Aufstellung und Construction nichts Eigenthümliches. Sie lehnen sich theils gegenseitig aneinander, indem die Schlagsäulen sich berühren, theils aber auch an Schlagschwellen, die, wie gewöhnlich, über den Thorkammerboden vortreten. Auch sind sie mit Schützöffnungen versehen, und um dem Sacken zu begegnen, was wegen ihrer grofsen Länge und der unvortheilhaften Stellung der Streben zu besorgen war, ruhen sie auf messingenen Rollen, die auf Bahnen von demselben Metall laufen. Ein zweites Thorpaar *D* ist diesem ersten entgegengerichtet, so dafs beide, wenn sie geschlossen sind, sich einander in den Spitzen der Dreiecke, die sie bilden, berühren. Auch dieses zweite Thorpaar schließt unter einem Winkel von 60 Graden zusammen. Es ruht eben so wie das erste auf messingenen Rollen, die auf den Bahnen laufen, und lehnt sich gleichfalls, wenn es geschlossen ist, an die Schlagschwellen. Die Schützöffnungen fehlen hier, dagegen liegen Umläufe in den Mauern, wie die Figuren zeigen. Diese zwei Thore haben die eigenthümliche Einrichtung, dafs sie nicht unmittelbar gegen einander stemmen, vielmehr die Schlagsäule jedes Thores sich an das entsprechende Thor des ersten Paares lehnt.

Soll die Schleuse geöffnet werden, so läfst man den Wasserdruk gegen das erste Thorpaar wirken, und indem dasselbe

beschriebenen Weise zwischen die andern beiden Thore greift, es dieselben vor sich zurück, und lehnt sie in die Thore *B*. Beim Schließen der Thore wirkt umgekehrt der Wasserdruck gegen das zweite Thorpaar, und alsdann schiebt dieses das erste, und bewegt es so weit, bis es sich an die Schlagschwellen anlehnt.

Bei dieser Anordnung ist es nothwendig, die berührenden Theile so darzustellen, daß sie, ohne zu starke Reibung zu verursachen, übereinander gleiten und doch einigermaßen einen wasserdichten Abschluß bilden. Dieselben Bedingungen müssen, soviel dieses möglich ist, zwischen den Thoren und dem Kammerboden erreicht werden.

Die Wirksamkeit der Schleuse ist nach vorstehenden Andeutungen leicht zu ermessen. Beide Thorpaare können, wenn sie genau sind, von jeder Seite den höhern Wasserstand abhalten. Ist die Fluth, oder wenn im Strom, also auf der Seite *A*, das Wasser höher, als im Canal steht, so werden die Thore *C* in der Art, wie gewöhnliche Schleusenthore, durch den Wasserdruck geschlossen und können alsdann überhaupt nicht geöffnet werden. Die Thore *D* sind in diesem Fall ohne Wirksamkeit. Die ersten Thore schließen alsdann aber auch eben so gut, wie gewöhnliche Schleusenthore, und werden noch durch die Thore *F* unterstützt, wenn das Wasser einen besonders hohen Stand erreicht, der ihre Höhe übersteigt. Wenn dagegen im Strom das Wasser ist, also der höhere Stand auf der Seite *B* stattfindet, werden die Thore *C* allein sich öffnen, und man muß daher in diesem Fall den Druck auf die Thore *D* übertragen. Dieses geschieht, indem man in den Räumen *E* hinter den Thoren den Wasserstand des Canals darstellt. Hierdurch verschwindet der Druck gegen die Thore *C*, er überträgt sich aber auf die Thore *D*, wieder, eben so wie gewöhnliche Schleusenthore, einen wasserdichten Abschluß bilden. Um in den Räumen *E* den Binnenwasserstand darzustellen, darf man nur die Schütze in den Thoren *F* öffnen, und die Umläufe schließen.

Soll die Entwässerung eintreten, oder will man die Canalung spülen, so ist nur nöthig, die eben erwähnten Schütze in den Thoren *F* zu schließen und die Umläufe zu öffnen. Dadurch wird der Druck gegen die Thore *D* aufgehoben, während derselbe gegen die Thore *C* aufsteht. Letztere schieben die ersteren vor sich,

doch gelangen sie von selbst nicht bis in die Thornischen, und man muß sie mittelst Winden hineinziehn. Wenn aber endlich die Schleuse geschlossen werden soll, während noch auf der Binnenseite das Wasser höher steht, als im Strom, so schließt man die Umläufe und öffnet die Schütze in den Thoren C. Das Wasser verbreitet sich alsdann hinter diesen Thoren (die zu diesem Zweck die Thornischen nicht vollständig sperren dürfen) bis zu den Thoren D und drängen diese zurück, wodurch auch erstere geschlossen werden. Der Grundriß zeigt in den ausgezogenen Linien die Stellung der Thore, wenn sie geschlossen, und in den punktirten wenn sie geöffnet sind.

Diese Schleuse besteht nur aus einem einzigen Haupte und Schiffe können nur so lange hindurchgehn, als der äußere Wasserstand mit dem innern übereinstimmt. Alsdann kann man aber augenscheinlich keinen Wasserdruck zur Bewegung der Thore benutzen, und die Winden, von denen bereits die Rede war, sind zum Oeffnen der Thore unentbehrlich. Das spätere Schließen erfolgt dagegen leicht in der beschriebenen Weise, sobald das äußere Wasser zu sinken anfängt.

Eine andre, zu gleichem Zweck dienende Anordnung, welche von Alewyn herrührt, ist, soviel bekannt, nur einmal, nämlich bei Ter-Neuzen zur Ausführung gekommen. In die südliche Mündung der Schelde, der Hund oder die Wester-Schelde genannt, ergießt sich bei dem genannten Orte das aus der Gegend von Gent herabkommende Binnenwasser. Dasselbe ist zugleich zur Darstellung eines Schiffahrts-Canals benutzt, der sich bis in das Belgische Flandern fortsetzt. Vor Ter-Neuzen spaltet sich der Canal in zwei Arme, die das Städtchen auf beiden Seiten umschließen und dicht vor ihrer Mündung in die Schelde sich wieder vereinigen. Ungefähr in der Mitte jedes dieser Arme befindet sich ein erweitertes Bassin, das theils als Hafen, theils auch als Spülbassin dient. Am untern Ende des westlich belegenen befindet sich eine Fächerschleuse, deren Einrichtung später beschrieben werden wird. Das östliche Bassin ist dagegen mit dem untern Theil des Canals durch die hier in Rede stehende 26½ Fuß weite Schleuse verbunden, welche also theils zum Durchgange der Schiffe, theils auch als Spülschleuse dient.

Fig. 351 zeigt die gewählte Anordnung im Grundriß.

zu dabei wieder zwei Paar Schleusenthore, wie bei der Schleuse vor, die jedoch in gleicher Richtung aufschlagen und unter einander durch dichte Kuppelwände verbunden sind, so wieder vor den Thornischen abgeschlossene Räume gebildet werden, die man beliebig mit dem Ober- und Unterwasser in Verbindung setzen und dadurch den erforderlichen Druck zum Oeffnen und Schließen der Thore darstellen kann. Die mit *A* bezeichnete Thore ist die äussere oder dem Strome zugekehrt. Die Thore *B* sind von der gewöhnlichen Einrichtung, und lehnen sich, wenn sie geschlossen sind an Schlagschwellen. Die Thore *C* sind etwas weiter, insofern ihre Wendenischen weiter zurück liegen. Sie lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, nicht ihrer ganzen Länge an gewöhnliche Schlagschwellen, weil diese die Bewegung der Kuppelwände verhindern würden, vielmehr nur an eine einzelne Schlagschwelle, die in der Längsrichtung der Schleuse zwischen *D* und *F* liegt. An den Kopf derselben, bei *E*, lehnen sich die Thore *C*, an ihre beiden Seiten aber die Kuppelwände *D*. Letztere sind mittelst Charnieren mit den entsprechenden Thoren beider Seiten verbunden, und wenn sie in die Thornischen zurückgegangen sind, so nehmen sie die in der Figur mit punktirten Linien angedeutete Stellung ein, so dass die Schleuse in ihrer ganzen Weite durchflössen wird.

Die Thore sowohl, als die Kuppelwände müssen den Thornischen ziemlich nahe berühren, damit die dazwischen liegenden Räume sowohl den Stand des Oberwassers, als auch den des Unterwassers annehmen. Zur Darstellung dieser Wasserstände sind an jeder Seite der Schleuse zwei Umläufe. Ausserdem sind die Thore *C* auch noch mit Schützöffnungen und zwar unmittelbar an den Schlagsäulen versehen, so dass mittelst derselben der Raum *E F* zwischen den beiden Kuppelwänden mit dem Unterwasser in Verbindung gesetzt werden kann. Diese Schützöffnungen können beim gewöhnlichen Gebrauch der Schleuse auch geschlossen werden, wenn man die Thore *C* nicht unmittelbar zurückzuschlagen lässt, sie vielmehr etwas kürzer macht, so dass sie nicht aneinander nicht berühren. In dieser Weise hat Alewyn auch in 1824 zu Brüssel erschienenen kleinen Abhandlung die Schleuse beschrieben, auch stellt sie Baud so dar. In der Ausführung hat jedoch die zuerst angegebene und in Fig 351 dargestellte An-

ordnung erhalten*), welche durch die gegenseitige Unterstützung der Thore *C* auch eine größere Festigkeit zu bedingen scheint.

Es ergibt sich schon aus vorstehender Beschreibung, dass die Thore *B* in gleicher Weise, wie gewöhnliche Schleusenthore, einen hohen Wasserstand von der äußern Seite oder von *A* her erhalten. In diesem Fall müssen die Räume hinter den Kuppelwänden mit dem Außenwasser in Verbindung gesetzt werden. Will man dagegen die Schleuse öffnen, so stellt man in diesen Räumen einen niedrigeren Binnenwasserstand dar, während zugleich der Raum zwischen beiden Wänden befindliche Raum *EF* mit dem höhern Außenwasser gefüllt ist. Letzteres drückt auf die Thore *C* und stößt auf die Wände *D*, da diese aber länger sind, als jene, so überwinden sie die Thore *C*, und mit ihnen die Thore *B*, die in diesem Fall auf beiden Seiten gleichem Wasserdruck ausgesetzt sind. Auf solche Weise kann das höhere Außenwasser in den Canal geleitet werden.

Ist dagegen umgekehrt das Außenwasser (bei *A*) niedriger, als der Wasserstand im Bassin oder auf der Binnenseite, so kann man die Schleusen geschlossen erhalten, sobald man in die keilförmigen Räume das Oberwasser, in den keilförmigen Räumen zwischen beiden Kuppelwänden aber das Unterwasser eintreten lässt. Die Wände werden alsdann an die Schlagschwelle *EF* gedrückt und zwar mit einem Druck, der stärker ist, als derjenige, den die Thore *C* erleiden. Jener Druck verschwindet indessen, wenn man die innern Umläufe schließt, und die äußern öffnet. Sobald dies geschehn, erleiden weder die Thore *C*, noch die Kuppelwände einen Druck, wohl aber stellt sich ein solcher gegen die Thore *B* ein, die sich daher öffnen, und zugleich die andern Thore, und auch die Wände mit sich fortstoßen. Dabei wird indessen die Oeffnung der Schleuse keineswegs ganz frei, vielmehr bleiben die Thore etwa auf halbem Wege stehn. Mittelst Winden kann man sie in die Thornischen vollständig zurückziehen, Alewyn hält dies jedoch für entbehrlich, indem er vermuthet, daß die zwischen halbgeöffneten Thoren durchströmende Wassermenge schon ein Maximum sei. Die Richtigkeit dieser Annahme mag dahin gestellt

*) Hübbe, Beschreibung einer Schleusen-Construction mit Thüren, in Crelle's Journal für die Baukunst. Elfter Band. 241.

zur Vervollständigung der Beschreibung der Wirksamkeit der Schleuse muß aber noch angeführt werden, daß man nur die äußern Umläufe zu schließeln, und die innern zu öffnen braucht, durch den Druck gegen die Kuppelwände die Thore aufs Neue abzusenken, wenn auch das Binnenwasser noch bedeutend höher, als das Äußere steht.

Vergleicht man diese Anordnung mit der in Fig. 350 dargestellten, so kann man ihr vor der ältern, die von Donker herkommt, wohl nicht den Vorzug einräumen. Beide erfordern eine beträchtliche Verlängerung der Thornischen und sonach der Schleusenmauern vergleichungsweise gegen die gewöhnliche Einrichtung der Thore. Die längern Thore, die Donker wählte, sind aber in der Anlage und Unterhaltung weniger kostbar, als die beiden kürzern Thorpaare mit Einschluss der Kuppelwände.

Um das Durchbiegen dieser Wände zu verhindern, versah man dieselben mit Sprengwerken, doch konnten sie dadurch selbst gesichert werden, und indem sie an den äußern Enden durch Stützpfeiler befestigt waren, so mußten diese noch besonders vor Durchsacken geschützt werden. Alewyn sah sich zu diesem Zweck genöthigt, in jede Thornische noch einen Krahn zu stellen, an dem die Kuppelwand gehängt wurde. Der Ausleger eines solchen Krahns ist in der untern Seite der Figur angegeben und mit *G* bezeichnet. Die Säule des Krahns ist in gleicher Weise, wie die Säule eines Schleusenthors aufgestellt und befestigt, und so wird jene Wand in allen Stellungen, die sie annimmt, gleichmäßig unterstützt.

Häufiger, als die beiden zuletzt erwähnten Schleusen, hat die neue Anordnung der Thore Eingang gefunden, welche der spätere Canal-Inspector des Wasserstaates J. Blanken Jonszoon im Jahre 1808 bekannt machte. Er nannte diese Thore nach ihrer Gestalt, die von oben gesehen einige Aehnlichkeit mit einem Fächer hat, Waaijerthoren oder Fächerthore. Gewöhnlich heißen die Schleusen Thoren versehene Schleusen Blanken-Schleusen.

In den Niederlanden fand diese Idee sogleich Anwendung. Im Jahre 1800 wurden zwei kleine Schleusen bei Ysselstein und in der Nähe von Rotterdam versuchsweise mit solchen Thoren versehen. Indem sie brauchbar befunden wurden, folgte bald der

Bau mehrerer andern, und es mögen in der nächsten Zeit funfzehn Schleusen dieser Art im Königreiche der Niederlande geführt sein.

Großentheils sind dieselben, übereinstimmend mit der vorerwähnten Angabe von Blanken, nur Dockschleusen, d. h. sie bestehen aus einzelnen Schleusenhäuptern, und können nur, wenn der Wasserstand mit dem innern übereinstimmt, von Schiffen benutzt werden. Außerdem dienen sie noch zur Spülung oder Entwässerung, indem die Thore auch bei ungleichem Druck geöffnet und schliessen lassen. In der großen Schleusen-Anlage Wilhelm-Schleuse genannt, welche den Nordholländischen Canal mit dem Y verbindet, brachte indessen schon Blanken selbst, um auch in der kleinern Nebenschleuse, die eine vollständige Kammer bildet, Fächerthore an. Diese kleinere Schleuse, nur durch eine Mauer von der größeren getrennt, ist 19 Fuß weit. Das Haupt derselben, welches dem Y zugekehrt ist, hat zwei Paar gewöhnlicher Stemmthore, nämlich eins für die Ebbe und eins für die Fluth. In dem andern, nächst dem Canal belegenen Haupt befindet sich nur ein Thorpaar, und dieses sind Fächerthore, die nach der Canalseite, als Ebbethore auf. Aus der vorerwähnten Beschreibung wird sich ergeben, wie sie sowohl zum Durchschleusen der Schiffe, als auch zum Durchlassen großer Wassermassen benutzt werden können.*)

In England, America und Frankreich besteht, soviel bekannt, keine Schleuse dieser Art. In Deutschland ist eine in Bremerhaven und eine zweite bei Varel im Großherzogthum Oldenburg, von Niederländischen Ingenieuren erbaut. In den Niederlanden sind solche in neuerer Zeit nicht mehr zur Ausführung gekommen. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf die erste, nämlich auf diejenige in Bremerhaven, die in den Jahren von 1828 bis 1830 erbaut wurde.

Sie bildet den Eingang zu dem älteren Hafen-Bassin, welches sich zur Seite des Städtchens Bremerhaven befindet. In diesem Bassin wird der Wasserstand der Fluth gehalten. Der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser beträgt 6

*) Die nähere Beschreibung der dortigen örtlichen Verhältnisse ist in §. 68 bei Gelegenheit der Thore in der Schleuse Wilhelm III. gegeben.

hoch 10½ Fufs Bremisch, oder 9 Fufs 8 Zoll Rheinländisch*). Der Vorhafen, der zum Theil durch den Geeste-Fluss gebildet ist, ist sehr starken Verschlämmungen ausgesetzt, indem das Wasser, welches über die Watten in die Weser tritt, mit vielen Schlicktheilen vermengt ist, die es überall, wo es zur Ruhe kommt, vorzugsweise in den Buchten und in den Mündungen von Zuflüssen in grosser Masse niederschlägt. Aus diesem Grunde ist die Anlage einer Spülschleuse für nothwendig erachtet, und sollte, um die Einrichtung zweier besonderer Bassins zu vermeiden, der Hafen oder das Dock selbst als Spül-Bassin benutzt werden. Die Fächerthore fanden sonach hier angemessene Anwendung.

Die Schleuse unterscheidet sich von sonstigen Dockschleusen nicht nur durch diese Thore, sondern sie ist ausserdem auch vollständige Kammerschleuse, und hat zwei Häupter. Hierdurch ist der Vortheil erreicht, dass die Zeit, in welcher die Schiffe ein- und abgehrt werden können, sich sehr verlängert, was namentlich bei der vielen Lichterfahrzeuge von geringerem Tiefgange sehr wichtig ist.

Die lichte Weite der Schleuse beträgt in der halben Fluthhöhe 100 Fufs, auf den Böden und in den Häuptern dagegen wegen der Stärke der Mauern nur 34 Fufs. Die Kammer zwischen beiden Häuptern ist 80 Fufs weit, also zur Aufnahme mehrerer Schiffe eingerichtet. Jedes Haupt ist mit Fluth- und Ebbehoren versehen, aus der Schleuse eben sowohl bei höherem Aussenwasser, wie bei höherem Binnenwasser zum Durchlassen von Schiffen benutzt werden kann. Die äussern Fluththore, die zugleich zum Schutz gegen besonders hohe Fluthen dienen, sind 9 Fufs höher, als die inneren, und die Mauern, welche sich an dieselben anschliessen, stehen in der Höhe der Deiche oder 16 Fufs über ordinärer Fluth. Die sonstigen Schleusenmauern treten dagegen nur 6 Fufs darüber. Die Entfernung der Schlagschwellen der Fluththore in beiden Häuptern beträgt 130 Fufs. Die ganze Länge der Schleuse misst 170 Fufs. Die Schlagschwellen der sämmtlichen Thore liegen 19 Fufs Bremisch oder 17½ Fufs Rheinländisch unter ordinärer Fluth.

Die innern Fluththore werden durch die in Rede stehenden

*) Die folgenden Angaben beziehen sich auf Rheinländisches Maass.

Fächerthore gebildet und halten nicht nur das hohe Wasser im Hafen zurück, während Schiffe durchgeschleust werden, sondern lassen sich auch in der Zeit, wo das Aussenwasser niedriger ist, öffnen und wieder schliessen, und dienen sonach zur Spülung des Vorhafens, ohne das Dock ganz zu entleeren, oder demselben Wasser zu entziehen, das die darin befindlichen Schiffe auf dem Grund gestellt würden.

Fig. 352 auf Taf. L stellt das dem Dock zugekehrte Ende dieser Schleuse im Grundriss dar, doch muss bemerkt werden, dass die Zeichnung nicht allen Einzelheiten der Ausführung entspricht, vielmehr so angeordnet ist, dass daran zugleich manche Verhältnisse der Construction deutlich gemacht werden konnten. Auf der rechten Seite der Figur, bei *B*, bemerkt man noch ein Ende der erweiterten Schleusenkammer, die am andern Ende durch ein Paar Ebbethore und ein Paar hohe Fluththore mit dem Aussenwasser, also durch die Geeste mit der Weser in Verbindung steht. Der Vor- und Hinterboden, sowie auch der Mittelboden des Dockes sind mit verkehrten Gewölben überspannt, jedoch mit Ausnahme der Thorkammern, welche etwas kleiner sind, als die halbe Lichtung der Schleuse. Sie bilden demnach nicht Halbkreise, sondern jedesmal zwei getrennte Quadranten, welche durch horizontale Mauern in der Höhe der Schlagschwellen mit einander in Verbindung stehn. Die Thorkammern haben hölzerne Böden, auch stehn die Schlagschwellen aus Holz.

Die Anordnung und Wirksamkeit der Fächerthore ergibt sich aus der Figur. Eins derselben ist geschlossen gezeichnet, und das andre zum Theil geöffnet. Jedes besteht aus zwei Flügeln *C* und *D*. Zwischen diesen befindet sich noch eine verstrehte Wand *E*, die nur zur sichern Verbindung der Flügel dient. Die Flügel *C* sind die eigentlichen Schleusen-, oder in diesem Fall die Ebbethore. Sie scheinen zwar als solche verkehrt gestellt zu sein, indem bei höherem Wasserstand im Hafen, oder bei *A*, sie von den Schlagschwellen entfernen und öffnen würde, wenn sie gewöhnliche Schleusenthore wären. Die Flügel *D* werden jedoch, so lange die Thore geschlossen bleiben, dem gleichen Wasserdruck ausgesetzt und verhindern daher das Oeffnen der erstern. Die Thore setzen sich in dieser Stellung auch sowohl mit den unteren als auch mit den oberen Schlagschwellen, als auch mit ihren Schlag

ende Ränder der Seitenmauern. Es ist nicht in Abrede zu setzen, daß die Flügel *C* weniger dicht schließen, als wenn sie in ähnlicher Weise gegen einander und zugleich gegen Schlagflügel durch den Wasserdruck gepreßt würden, aber man darf unbeachtet lassen, daß die Wirksamkeit dieser Thore nur während der Dauer des Durchgangs von Schiffen in Anspruch genommen wird, und sobald das Durchschleusen aufhört, die Ebbe des äußern Hauptes, die in gewöhnlicher Weise eingerichtet ist, den höhern Wasserstand im Hafen zurückhalten.

Die verschiedene Länge der beiden Flügel eines Fächerthors macht nur Gelegenheit, dasselbe gegen den höhern Wasserstand geschlossen zu erhalten, sondern man kann vermöge der auch durch angemessene Vertheilung des Drucks die Thore leicht öffnen und wieder schließen, um die nöthigen Spülungen im Vorhafen zu bewirken. Die Räume *H* zwischen der Flügelwand der Schleuse und dem Flügel *D* können nämlich durch Umläufe sowohl mit dem Binnenwasser, als mit dem Außenwasser in Verbindung gesetzt, und sonach der Wasserstand darin beliebig erhöht oder gesenkt werden. Der Umlauf oder überwölbte Canal *E* setzt diesen Raum mit dem Dock in Verbindung, der Umlauf *F* mit der Schleusenkammer. Der letzte Umlauf setzt sich wie die Figur zeigt, noch um die Schleusenkammer fort und ist unmittelbar in den Vorhafen, wodurch das Öffnen der Thore bewirkt werden kann, wenn auch der Wasserstand in der Schleusenkammer so hoch wie im Hafen, der Wasserstand im Vorhafen aber niedriger ist.

Um das Thor trotz eines niedrigeren Wasserstandes in der Schleusenkammer geschlossen zu erhalten, darf man nur das Schütz *G* schließen und *F* öffnen. Sobald aber die Spülung erfolgt, werden zunächst die übrigen drei Thorpaare geöffnet, die äußern EbBethore festgestellt, damit sie nicht etwa von Strömung gefaßt und gewaltsam zugeschlagen werden. Hierauf schließt man das Schütz *F* und öffnet *G*. Dadurch stellt sich zu beiden Seiten des längern Flügels *D* ein gleicher Wasserstand, wie der äußere ein, und der gegen diesen Flügel bisher ausübende Druck hört auf. Der Druck des Binnenwassers auf den Flügel *C* bleibt daher allein wirksam, und das Thor wird zurückgeschoben. Will man endlich die Spülung unterbrechen, so ist nur

nöthig, die Schütze *F* und *G* wieder in ihre frühere Stelle bringen, wodurch der Druck gegen den längern Flügel berge und dadurch das Thor geschlossen wird.

Der wichtigste Theil in der Zusammensetzung dieser Schleusen sind die Fächer-Thore, ich mache daher mit ihrer Beschreibung den Anfang. Die beiden mit einander verbundenen Flügel zugleich mit der nicht bekleideten Zwischenwand *E* an einer gemeinschaftlichen Wendesäule befestigt. Fig. 353 zeigt dies in größerm Maasstabe. Die Wendesäule ist aus einem Eichenholz von 22 und 26 Zoll Stärke geschnitten. An dem Theile, an dem sie auf der flachen Wendenische ruht, ist sie cylindrisch geformt, an dieser Cylinderfläche schliessen sich tangential die äussern mit B bekleideten Flächen der beiden Thorflügel an. Dieselben schließen einen Winkel von etwa 75 Graden ein. Die Rahme und die beiden Flügel sind nach der in Holland üblichen Weise in die Wendesäule verzapft, und greifen überdies darin noch mit Bürgen ein. Zu diesem Zweck muß die Wendesäule mit drei Endflächen versehen werden, von denen jedoch die eine, nämlich diejenige, welche sich an den längern Flügel *D* anschliesst, senkrecht gegen die Richtung desselben, sondern schräge gelagert ist, um das zur Wendesäule bestimmte Holzstück nicht zu schwächen. Die Wendesäule ist ausserdem sowohl oben als unten mit cylindrischen Zapfen versehen, auf welche abgedrehte, messingene Ringe und Büchsen aufgesetzt sind, wie Fig. 316 auf Taf. 1 zeigt.

Die vordern und hintern Flügel der Fächerthore unterscheiden sich, wenn man von ihrer Verbindung mit einer gemeinschaftlichen Wendesäule absieht, in nichts von gewöhnlichen Schleusenthoren. Ihre Länge ist, wie bereits erwähnt, nicht gleich, vielmehr ist der hintere Flügel grösser. Gemeinhin verhalten sich ihre Längen wie 5 zu 6. Auch ihre Höhen sind verschieden, wiewohl die Höhen der Rahme, sowie auch die sämtlichen Riegel Beider gleich hoch liegen. Der hintere Flügel reicht nämlich etwa 6 Zoll tiefer als der vordere *C*. Dieses begründet sich dadurch, daß letzterer über diejenige Schlagswelle fort sich frei bewegen muß, welche die Fächerkammer begrenzt und an der der Flügel *D* sich hin und her bewegen soll. Für diese Bewegung ist bei den unvermeidlichen Veränderungen mindestens ein Spielraum von 2 Zoll erforderlich.

geringer als 4 Zoll darf die Höhe des Anschlags füglich sein.

Die Eisenbeschläge, welche bei diesen Flügeln die Ver-
bindung der Rahmen und Riegel mit der Wendesäule darstellen,
sind wesentlich verschieden von denen bei gewöhnlichen Schleusen-
en. Eckbänder können nur auf den äußern Flächen ange-
bracht werden, und die Bügel, welche die Wendesäule umfassen,
hier nicht mehr auf die gegenüberstehenden Seiten derselben
und Rahme. Man pflegt bei den Fachthoren nach ihrer
Größe zwei bis drei starke Bügel anzubringen, die an die obern
Rahmen und die obern Riegel beider Flügel und zwar an deren
äußern Flächen befestigt sind, und die Wendesäule umfassen. An
den untern Riegeln und dem untern Rahm werden Eckbänder und
Eisenansätze auswärts angebracht. Die benannten Beschläge müssen selbst-
ständig in die Holzflächen eingelassen werden, dürfen zum Theil
nicht mit vortretenden Bolzenköpfen versehen sein. Auf den
äußern Seiten bringt man überall, wo auswärts der Beschlag liegt,
eine Art von Bügel an, die sich von den Riegeln des einen Thors,
über die Wendesäule vorbei, bis zu dem entsprechenden des andern
Thors hinziehen. Gegen die Wendesäule werden sie mit einem oder
zwei mit Widerhaken versehenen Spitzbolzen befestigt, während die
äußern Bolzen, welche den äußern Beschlag halten, auch durch
die Zwischenwand hindurchreichen, und mit Schraubenmuttern daran befestigt sind.
Der Figur könnte es scheinen, daß das Einziehen und Be-
festigen dieser Bolzen wegen des durch die Zwischenwand sehr
beschränkten Raums Schwierigkeiten veranlassen möchte und viel-
leicht ganz unmöglich wäre, diese Schwierigkeit wird aber um-
gangen, indem man die Zwischenwand nicht früher einsetzt, als bis
die Flügel vollständig verbunden, befestigt und bekleidet sind.

Die Bekleidung der Flügel mit Bohlen stimmt mit der oben
beschriebenen, bei Niederländischen Schleusen sonst üblichen, über-
ein. Der einfache Bohlenbelag wird in der Richtung der Streben
angebracht und in Falze der beiden Stiele und der beiden Rahme-
flächen. Die Streben, deren bei Fachthoren gewöhnlich zwei
oder drei in jedem Flügel angebracht sind, bilden in der äußern
Hälfte selbst einen Theil der Bekleidung, und die nächsten Bohlen
liegen nur stumpf dagegen. Im Allgemeinen befindet sich bei
den Schiffsschleusenthoren, sowie auch bei jeder ähnlichen Verbindung

die Bekleidung oder der Belag an derjenigen Seite, die dem Wasserdruk ausgesetzt ist. Auf der andern Seite angebracht, während die Bohlen sich nicht gegen die Riegel lehnen, also nur durch die Nägel gehalten werden. Hiernach würde im vorliegenden Fall der kürzere Flügel *C* in der äußern Fläche, der längere Flügel *D* dagegen in beiden Flächen bekleidet werden müssen, weil dieser bei dem beschriebenen Gebrauch des Fächerthors zuweilen von der einen und zuweilen von der andern Seite dem Druck ausgesetzt ist. In manchen Fällen kommt es indessen vor, daß die Flügel *C* oder die eigentlichen Schlusenthore nicht nur als Ebbe-Thore wirksam sind, sondern zu Zeiten auch die Stelle der Fluththore versehen müssen. Alsdann werden auch die Flügel von beiden Seiten verkleidet, was bei den längern Fluththoren jedesmal geschieht. Eine solche zweifache Bekleidung vertheilt indessen die Anlage, und man hat daher zuweilen, wie in den Fächerthoren der Schleuse bei Ter-Neuzen selbst den längern Fluththoren nur mit einfacher Verkleidung versehen. Diese ist aber noch besonders gesichert, indem man über dieselbe bei jedem Rahm oder Riegel eine breite und starke eiserne Schiene legte, die wieder in der Mitte jeder Bohle durch einen Schraubenbolzen an den Riegel befestigt wurde.

Die beiden Flügel eines Fächerthors können in der beschriebenen Weise eben so sicher, wie andre Schleusenthore gegen Veränderungen und sonstige Beschädigungen geschützt werden. Indem dieselben tritt aber noch die Bedingung hinzu, daß auch die gegenseitige Verbindung und ihr Abstand von einander vollständig gesichert ist und keine Veränderung darin eintritt. Es ergibt sich augenscheinlich, daß die Verzapfung in die gemeinschaftliche Wendesäule, sowie auch die zu diesem Zweck angebrachten Balken und Eckbänder keine hinreichende Verbindung der beiden Flügel darstellen. Eine solche innige und dauernde Verbindung, welche keine Aenderung des gegenseitigen Abstandes weder im Ganzen noch an einzelnen Theilen gestattet, ist aber dringend nothwendig, indem beide Flügel, sobald die Schleuse geschlossen wird, wasserdicht an ihre Schlagschwellen lehnen sollen, während der eine Flügel durch den Wasserdruk dagegen gepreßt, der andre aber durch denselben Druck zurückgedrängt wird. Auch ist ein Mangel an Steifigkeit des einzelnen Flügels insofern von

worden, daß nicht etwa die Schlagsäulen der eigentlichen Spülthore am obern Theil durch den Wasserdruck zurück-
drückt und von einander entfernt werden. Um eine solche Ver-
bindung darzustellen, werden die beiden Flügel eines Fächerthors
durch Zwischenriegel oder Gordungen mit einander ver-
bunden. Man wählt dazu gewöhnlich krumm gewachsene Holz-
riegel, wie die Figur auch solche zeigt. Gerade Riegel wären
schon insofern vorzuziehen, als sie unter starkem Druck nicht so
leicht durchbiegen, dagegen ist aber auch nicht zu verkennen, daß
die Verbindung mit den Riegeln der Thore, die in schwalben-
schwanzförmigen Kammern bestehen, dauerhafter ist, wenn die Holz-
riegel sich nahe unter rechten Winkeln kreuzen. Ausser dem
wird die Verbindung in jeder Kreuzung noch durch einen
durchgezogenen Schraubenbolzen dargestellt. Es ergibt sich
hieraus, daß theils zur Vereinfachung der Construction, und noch
zur vollständigen Aufhebung des horizontal wirkenden Wasser-
drucks diese Gordungen horizontal angebracht, oder die zu ver-
bindenden Riegel beider Flügel in gleicher Höhe sich befinden
müssen. Man kann diese Bedingung auch in Betreff der untern
Rahme noch erreichen, wenn man diejenigen, die sich im Flügel *C*
befinden, aus hochkantigem Holz ausschneidet, so daß ihre obern
Kanten mit der Höhe der Rahme im Flügel *D* übereinstimmen.

Diese Gordungen werden zunächst an die äußern Enden der
Rahme und Riegel, also in die Nähe der Schlagsäulen gelegt. Auf
jeden der beiden Rahme eines Thorflügels, sowie auf jeden Riegel
wird eine solche Gordung. Indem aber die Gefahr des Durch-
dringens der Schleusenthore bei deren verschiedenen Stellungen in
verschiedener Höhe auch größer wird, so geschieht es nicht selten,
daß man auf die obern Rahme und die obern Riegel und zwar in
der Nähe ihrer äußern Enden doppelte Gordungen anbringt, und
dann neben den bogenförmigen noch gerade. Die Figur
zeigt diese Anordnung dar. Ausserdem muß aber durch ähnliche
Verbindungen auch dem Durchbiegen der Riegel vorgebeugt werden,
es trifft eine zweite Reihe von Gordungen, die in gleicher
Höhe aufgebracht und befestigt sind, die Mitte jedes Rahms und
jedes Riegels. Bei einzelnen, besonders weiten Fächerthoren, hat
man sogar drei Reihen von Gordungen angebracht.

Damit diese Gordungen ihren Zweck vollständig erfüllen,

müssen sie aus starkem Holz bestehn, gemeinhin wählt man Stücke von 12 Zoll im Gevierten. Dieselben würden, wenn ohne weitere Unterstützung angebracht wären, und allein an Riegeln der Thorflügel ruhten, diese übermäßig belasten, und das Durchsacken der Thore befördern. Um dieses zu verhindern unterstützt man sie durch eine besondre Zwischenwand. Dieselbe ist bei Anwendung krummer Gordungen auch schon Verhinderung des Kantens nothwendig. In der Schleuse bei Neuzen hat man zwei dergleichen Zwischenwände angebracht.

Die Construction der Zwischenwände ist bei der wesentlichen Verschiedenheit ihres Zwecks auch von der der Schlossen abweichend, dazu kommt noch, daß die Verbindung mit Wendesäule durch Bügel oder Bänder dabei nicht angebracht werden kann. Man muß auch zur Befestigung der Rahme und Riegelwand an die Wendesäule eine Verbindungsart wählen, die noch darstellen läßt, wenn schon die beiden eigentlichen Theile vollständig zusammengesetzt sind. Aus diesem Grunde läßt die Rahme und Riegel der Zwischenwand mit schwalbenschwanzförmigen Zapfen in die Wendesäule eingreifen, und sichern durch scharf eingetriebene Keile, wie Fig. 354 über dem Rahm und dem obern Riegel zeigt. In der Nähe ihrer Enden werden diese Rahme und Riegel durch einen zur Seite gekämmten und mittelst Schraubenbolzen daran befestigten Stiel verbunden. Dieser Stiel wird durch eine Strebe unterstützt, sowohl in ihn, als auch in die Wendesäule mit Zapfen und Bolzen eingreift, und außerdem mit den Riegeln durch Bolzen verbunden ist. In den Figuren 352 und 354 ist eine etwas veränderte Anordnung dargestellt, die auch bei der Schleuse in Bräven gewählt ist, und ohne Zweifel vor der eben beschriebenen Vorzug verdient. Statt des einen Stieles sind nämlich zwei angebracht, die wie Zangen die sämmtlichen Riegel umfassen. Sie werden aber, was besonders wichtig ist, durch zwei Stiele unterstützt, die zu beiden Seiten der Riegel einander gegenüberstehn, und gleichfalls durch Schraubenbolzen verbunden sind. Zu bemerken ist dabei noch, daß diese Streben, deren untere Enden zwischen die untern Riegel der beiden Thorflügel treffen, allein in die für die Zwischenwand bestimmte Fläche der Wendesäule eingreifen, sondern zu beiden Seiten noch etwas

treten, und in den Krenzungen mit den Riegeln der Zwischenwand möglichst wenig geschwächt, vielmehr die letztern eingeklinkt sind, was ohne Gefährdung der Sicherheit auch geschehen

Der Riegel der Zwischenwand unterstützen unmittelbar die Gerdungen. Die Darstellung einer recht innigen Verbindung zwischen beiden ist zwecklos, da ein Verschieben zur Seite hier nicht möglich ist, auch kaum die Steifigkeit dieser Wand einem solchen abzugewinnen könnte. Aus diesem Grunde liegen die Gerdungen auf den Riegeln nur stumpf auf, oder sind doch nur flach darin versenkt, aber jedenfalls durch Schraubenbolzen verbunden. Die Verbindung der Gerdungen mit den Rahmen und Riegeln der Thorflügel muß dagegen möglichst innig sein, und deshalb greift hier die Verkämmung einige Zolle tiefer ein. Dadurch erreicht man den Zweck, daß die Riegel der Zwischenwand nicht mit denen der Thorflügel in gleicher Höhe liegen dürfen, und dieser Umstand bietet wieder die Gelegenheit, jene oben beschriebenen Bügel, welche beide Thorflügel an den innern Seiten verbinden, so anzubringen, daß sie das Einsetzen der Riegel der Zwischenwand in die Wendezaule nicht hindern.

Endlich muß bei Beschreibung der Fächerthore noch eines Umstandes derselben Erwähnung geschehen, wenn er auch nur in der Anwendung gefunden hat. Bei Benutzung dieser Thore zur Ausführung einer kräftigen Spülung, öffnen sie sich nämlich keineswegs vollständig, oder treten ganz in die Fächerkammern zurück. Sie bleiben sie in ähnlicher Weise, wie die Thore der Aleuthischen Schleuse halb geöffnet stehn, und man kann sie sogar mittelst der Winden nicht zurückziehen, da der Stofs des strömenden Wassers überwiegend ist. Eine solche Stellung der Flügel macht sehr unregelmäßige Bewegungen des Wassers, denen durch das Spiel der Schütze, die bald mehr, bald weniger entgegen zu werden, sowie durch die Winden, die unmittelbar die Thore zu schließen sollen, möglichst zu begegnen sucht. Nichts desto weniger können die Thore doch oft plötzlich sehr bedenkliche Bewegungen erleiden, die vielleicht durch das Einfallen des Stroms in den Zwischenraum zwischen das äußere und innere Thor veranlaßt werden. Um diesem zu begegnen, hat man zuweilen diesen Zwischenraum mit einer dichten Bohlenwand geschlossen, die man in den

Niederlanden Stroomschott nennt. Die vordere Reihe der Thore bietet eine bequeme Gelegenheit zur Anbringung der Schließwand, ob dadurch aber wirklich dem Hin- und Herschlagen der Thore vorgebeugt wird, dürfte zweifelhaft sein. Diese Thore dürfen den Raum zwischen den Flügeln keineswegs wasserdicht abschließen, also nicht die Darstellung der zu ihrer Bewegung erforderlichen Wasserstände beeinträchtigen.

Der längere Flügel jedes Fächerthors bewegt sich in dem freien Raum zur Seite der Schleuse, der durch eine cylindrische Mauer begrenzt wird. Dieser Raum ist in vorstehender Beschreibung schon mit dem Namen der Fächer-Kammer bezeichnet. Die Holländischen Baumeister nennen ihn *Waaier-Kas*. Der Boden dieser Kammer besteht wieder aus Holz, und seine Construction ist von den §§ 64 und 65 beschrieben, in dem die in den Niederlanden üblichen hölzernen Schleusenböden nicht wesentlich verschieden. Auch unter den Fächerkammern befinden sich die Querbalken, die Pfannenträger oder *Complaten* haben eine größere Länge und Höhe, indem sie zugleich als Schwellen für die Fächerthore dienen, wenn die Flügel oder die eigentlichen Schleusenthore geschlossen sind. Sie ragen deshalb über den Schleusenboden 6 Zoll vor und erstrecken sich über die ganze Länge der Fächerkammer. In Fig. 3 sieht man dieselben. Am hintern Ende der Fächerkammer befindet sich eine ähnliche Schwelle zur Schließung des Spielraums bei jedem Thore nicht angebracht. Sie ist daselbst auch überflüssig, weil das Thor, wie schon erwähnt, beim Spülen doch nicht zurückschlägt, und beim Durchschleusen der Schiffe der Spielraum zum Schließen der Thore sich in hinreichender Größe erhält, wenn auch durch diesen freien Zwischenraum etwas Wasser fließt.

Die cylindrisch geformte Umschließungsmauer der Fächerkammer erfordert eine besonders sorgfältige Ausführung, damit der Spielraum zwischen derselben und der Schlagsäule des Thorflügels möglichst klein bleiben muß, damit bei jeder Bewegung des Thors die zu dessen Bewegung und Unterstützung erforderlichen Wasserstände sich wirklich darstellen, und nicht etwa Wasser neben und unter dem Thorflügel abfließt, daß auf beiden Seiten nahe dasselbe Niveau eintritt. Andererseits muß

nach eine Berührung des Thore mit dieser Mauer vermieden zu werden, wodurch die leichte Beweglichkeit des ersten aufgehoben wird.

Die Pfanne für die Wendesäule läßt man schon vor der Ausfüllung der Mauern der Fächerkammer in den Pfannenträger ein, stellt einen mit passendem Zapfen versehenen beweglichen Stein ein, der durch eine feste Verstrebung auch oben durch ein Band gefaßt wird, also dieselben Bewegungen, wie später die Säule machen kann. An diesen Stiel, der in seiner ganzen Länge regelmäßig bearbeitet sein muß, befestigt man einen Arm, der den Radius der innern cylindrischen Fläche darstellt, und als Abklappe beim Mauern dient. Derselbe kann aber, wie die Thür höher wird, auch gehoben werden, ohne dabei seinen Abstand von der Drehungsachse zu verändern. Er wird bei jedem neuen Stein, den man versetzt, vor denselben geschoben und darin so nahe daran gelegt, daß er ihn fast berührt. Sein Stiel ist mit Eisen beschlagen, damit er sich nicht abnutze. Die Thür wird aus gebrannten Steinen ausgeführt, ist aber oben mit einer Schicht Werksteine überdeckt, die an der innern Seite nach der Krümmung bearbeitet sind und mit Hülfe der erwähnten Abklappe gleichfalls sorgfältig versetzt werden. Der am äußern Ende dieser cylindrischen Mauer vortretende Pfeiler, der den Anfang für den längern Flügel bildet, und der einen wasserdichten Flügel darstellen muß, besteht dagegen ganz aus Werksteinen, die mit dem Ziegelmauerwerk gehörig einbinden. Um den wasserdichten Flügel möglichst vollständig zu bilden, wird zuweilen eine Feder aus weichem Holz an die Schlagsäule befestigt, die den Unebenheiten der Steine sich besser anschließt, und sobald sie schadhaft ist leicht durch eine neue ersetzt werden kann. In ähnlicher Weise tritt die Mauer auch gegen das hintere Ende der Fächerkammer etwas vor. Dieser Vorsprung hat indessen nur den Zweck, die weite Zurückschlagen des Thors zu verhindern, auf wasserrechtlichem Abflusse kommt es bei demselben nicht an, und er wird nicht anders, als der übrige Theil der Mauer behandelt.

Die Wendenischen unterscheiden sich von denjenigen der antiken Schleusenthore wesentlich dadurch, daß sie sehr flach sind. Ihre Tiefe beschränkt sich in der That auf wenige Fuß, und man kann sie nicht tiefer machen, als einerseits der

kürzere Flügel, wenn er geschlossen, und andererseits der Flügel, wenn das Thor geöffnet ist, dieses gestatten. In dieser Grenzen wird die Wendenische cylindrisch und sorgfältiger Beobachtung aller Vorsichtsmaassregeln zur einer recht regelmässigen Fläche in Werkstücken angeführt.

Die Umläufe müssen hinreichende Höhe und Breite, damit sie bedeutende Wassermassen der Fächerkammer schenken können, oder daraus entfernen. Sie ziehn sich der Länge nach durch die beiderseitigen Schleusenmauern hindurch, und da diese nicht zu sehr schwächen, giebt man ihnen eine grössere als Breite. Der Umlauf *F*, der die Verbindung mit dem Wasser darstellt, mündet jederzeit etwa in der Mitte der Mauer, welche die Fächerkammer abschliesst. Dagegen befindet sich meistens auch die Mündung des zweiten Umlaufs an derselben Mauer unmittelbar daneben. Angemessener erscheint die Figur dargestellte Anordnung, wobei der zweite Umlauf bedeutend abgekürzt und ausserdem auch eine nochmalige Biegung desselben vermieden wird.

Das Halsband, womit man die Wendesäule eines Thors fasst, kann nicht die sonst übliche Verankerung mittelst zweier divergirenden Arme erhalten, indem es in einer vortretenden Mauerecke sich befindet. Es hat gewöhnlich die in Fig. 323 und 324 auf Taf. XLV dargestellte und schon oben § 69 beschriebene Einrichtung. Man giebt demselben aber jedesmal eine sehr kräftige Unterstützung, indem man über das äussere Ende der Fächerkammer und zwar in die Richtung der Schleusenmauer einen starken Balken legt, den Fig. 352 in der obern Hälfte zeigt. Derselbe ruht über den Kopf der Wendesäule, und ist auf der untern Seite einer durch Versatzung und Schraubenbolzen daran befestigten Knagge versehen, die sich scharf gegen den vorderen Theil des Halsbandes lehnt. Eine ähnliche Knagge befindet sich an der andern Seite und stemmt gegen die Schleusenmauer.

Der eigentliche Zweck dieses Balkens ist die Ueberbrückung der Fächerkammer. Wenn dieselbe offen bliebe, so würde der Verkehr auf der Schleusenmauer, und sonach die von hier abgehenden Schiffen zu leistende Hülfe behindern. Fig. 353 zeigt in dem obern Theil die gewöhnliche Zusammenbauung der Ueberbrückung. Sie ist ganz in die Schleusenmauer von

mit der Oberfläche derselben in einer Ebene liegt. Zu Zweck sind die sämtlichen Decksteine, welche die Fächer umgeben, mit Falzen von angemessener Weite und Tiefe worin die Verbandstücke der Brücke liegen.

In der cylindrischen Mauer befinden sich in der Brücke Klappen. Diese dienen vorzugsweise zum Durchziehen der Thore, mittelst deren man die Bewegung der Fächertlore unter auch ganz zurückzieht, falls Schiffe hindurchgehen sollen. Zu Zweck sind an den Köpfen der Schlagsäulen Bügel angebracht, in welche man die Taae einknüpft und letztere werden durch Erdwinden, so oft es nöthig ist, angezogen. Indem kein Raum vorhanden ist zur Aufstellung einer Erdwinde, unmittelbar das Thor schliessen könnte, so wird an dem erwähnten Balken, der die Thorkammer an ihrem Ende schließt, eine Scheibe befestigt, und indem man das an die Spitze des längern Flügels befestigte Tau über diese zieht, die weiter zurückgestellte Erdwinde auch zum Schliessen des Thors benutzt werden.

Es mögen allgemeine Bemerkungen über die Leistungen der Fächerschleusen dieser Beschreibung noch zugesügt werden, da die Wirkung derselben keineswegs so einfach und sicher ist, als man haben möchte. Es handelt sich hierbei vorzugsweise um die Wirkung der Schleuse zum Spülen, denn wenn es nur darauf ankommt, Schiffe hindurchzulassen, so ist die Strömung niemals so heftig, und man kann mittelst der beschriebenen Erdwinde die Thore immer leicht in die beabsichtigte Lage bringen. Bei der Spülung dagegen öffnen sich die Thore, sobald durch das Einstellen der Schütze in den Umläufen der nöthige Wasserdruck wirksam ist, zwar sehr sicher, sie schlagen aber keineswegs zurück, bleiben vielmehr auf halbem Wege stehn, und bewegen sich mehr fortwährend hin und her, indem theils der heftige Wasserdruck schon an sich dergleichen Schwankungen verursacht, diese noch durch die verschiedene und stets wechselnde Wirkung der Thore noch vermehrt werden. Der Grund, weshalb sie sich nicht ganz öffnen, liegt sehr nahe. Sie würden leicht zurückschlagen, wenn während der Durchströmung der Thore noch in gleicher Weise stattfände, wie im Augenblick, wo sie sich öffnen. Der auf den kürzern Flügel wirkende Druck

vermindert sich aber beim Oeffnen des Thors, indem das hindurchströmende Wasser eines Theils hier ein starkes Gefälle annimmt, also nicht mehr in der ganzen Länge des Flügels den früheren Wasserstand behält, andererseits aber entspricht der Druck, den es aus der Höhe auch nicht mehr dieser geringeren Höhe, und würde ganz anders zu hören, wenn die volle Geschwindigkeit, der Niveau-Differenz entsprechend, einträte. Die Erfahrung, daß die Thore sich von selbst wieder etwas schliessen, wenn man sie gewaltsam zurückschlagen versucht, beweist sogar, daß in entgegengesetzter Richtung ein überwiegender Druck vorhanden ist, der zum Theil durch die beladene Bewegung des zwischen die Thore fallenden Wassers veranlaßt wird, grofsentheils aber wohl seinen Grund darin hat, daß an der hintern Seite des kürzern Flügels sich auch ein höherer Wasserstand bildet, der, wenn er auch an allen Stellen unter dem Niveau des Stroms in der Schleuse bleibt, doch wegen der Geschwindigkeit und der daraus entspringenden Verminderung des Drucks, diesem das Gleichgewicht hält, und ein weiteres Zugeschießen der Thore verhindert. Dieser Umstand ist indessen, wenn dadurch auch allerdings der Effect der Spülung etwas vermindert wird, an sich von wenig Bedeutung. Viel bedenklicher ist das Hin- und Herschwanken der Thore, die oft in so heftige Bewegung versetzt werden, daß man besorgen muß, sie möchten vollständig schliessen oder ganz zurückschlagen, wodurch sie ihrer künstlichen Verbindung und Aufstellung einer augenscheinlichen Gefahr ausgesetzt wären. Die Erdwinden werden daher mit hinreichender Mannschaft besetzt und so gedreht, daß sie den Bewegungen der Thore entgegenwirken. Ausserdem müssen auch die Winden zum Heben der Schütze besetzt, und letztere fortwährend so umgestellt werden, daß sie gleichfalls die Schwankungen der Thore vermindern. Dieser Vorsichts-Maafsregeln ohnerachtet wagt man dennoch nicht die Spülung vorzunehmen, wenn die Niveau-Differenz zwischen Binnen- und Aussenwasser gröfser als 3 Fufs ist. Indem man aber dem Dock nicht viel Wasser entleert und daher die Spülung auch bald wieder unterbrechen muß, bleibt die Wirkung derselben meist sehr geringe.

§. 75.

Schiffsschleusen mit Seitenbassins.

Leichten Schiffsschleusen, welche neben einem Wehr zur eines größern Flusses oder Stroms liegen, bedürfen keiner andern Vorrichtungen, um den Wasserverbrauch beim Durchgehn der Schiffe auf das möglichst geringste Maass zu beschränken. Selbst bei anhaltender Dürre, wenn der Wasserstand des Flusses stark herabsinkt, bleibt seine Reichhaltigkeit verhältniß-mäßig zu derjenigen Wassermenge, die zum Füllen der Schleusen verbraucht wird, so überwiegend groß, daß kein Grund vorliegt, noch besondere und jedenfalls kostbare Anlagen auszumachen, um diese zu verringern. Anders verhält es sich dagegen mit Schiffsfahrts-Canälen, die durch Wasserleitungen gespeist werden, wo die disponible Wassermenge oft so beschränkt ist, daß sie in der trocknen Jahreszeit nicht ausreicht und die Schifffahrt alsdann unterbrochen werden muß. Bei der Beschreibung der Schiffsfahrts-Canäle wird über den Verbrauch des Wassers in denselben zu reden sein, von besonderer Bedeutung ist dabei aber, und zwar besonders bei Canälen, die stark benutzt werden, die wiederholte Anfüllung der Schleusen beim Durchgehn der Schiffe. Hierüber erklärt es sich, daß so vielfache und zum Theil auch sehr gute Vorschläge gemacht wurden, diesen Verbrauch zu mäßigen. Einige derselben sind auch in der That zur Ausführung gekommen und haben zufriedenstellende Resultate gegeben, während andere bisher zu große Schwierigkeiten zu bieten schienen, als daß ihre Ausführung versucht hätte. Es sollen im Folgenden nur die Erstern beschrieben, sondern auch die Letztern angedeutet werden.

Die sämtlichen hierher gehörigen Erfindungen lassen sich in drei Gruppen entheilen. Die meiste Aehnlichkeit mit den gewöhnlichen Schiffsschleusen haben diejenigen, welche mit gewissen Seitenbassins versehen sind, die als Magazine für das Wasser dienen. Diese nehmen einen großen Theil des aus der Kammer ausströmenden Wassers auf, und sobald letztere wieder gefüllt werden muß, fließt dasselbe in sie zurück. Die zweite Gruppe umfaßt diejenigen Schleusen, welche bewegliche Kammern haben, die sich zu-

gleich mit den darin befindlichen Schiffen bald dem Ober bald dem Unterwasser anschließen. Zuletzt sind hier noch diejenigen Anordnungen zu behandeln, wobei die Schiffe aufgestellt und mittelst Eisenbahnen oder auch wohl senkrecht gehoben und gesenkt werden. Letztere darf man kaum noch Schleusen zählen, nichts desto weniger sind sie so vielfach angewendet worden und haben zum Theil sich so sehr bewährt, ihre Beschreibung nicht umgangen werden durfte.

Was zunächst die Einrichtung von Seitenbassins betrifft, so liegt die Idee sehr nahe, die lebendige Kraft des Wassers, welches beim Entleeren der Schleuse zum Theil unter dem Druck, also mit großer Geschwindigkeit abfließt, zum Füllen der Kammer wieder zu benutzen. Wenn man die verschiedenen Reibungen und Widerstände beseitigen, und jene lebendige Kraft, die bei der gewöhnlichen Einrichtung der Schleusen nutzlos bleibt, zum Theil sogar schädlich wirkt, vollständig zu fangen könnte, so würde sie unter denselben Voraussetzungen, um die Kammer aus dem Unterwasser zu füllen, so der Bedarf an Wasser zum Füllen der Schleuse gar nicht den Zufluß von oben her gedeckt werden dürfte.

Man hat in dieser Beziehung zuweilen eine ziemlich nahe liegende Idee angeregt. In einer zum Theil mit Wasser gefüllten gekrümmten Röhre, deren beide Schenkel lothrecht aufgerichtet und oben offen sind, stellt sich in diesen das Wasser gleich hoch. Saugt man aber aus einem Schenkel die Luft wenig aus, und schließt die Oeffnung mit dem Finger, so steht das Wasser hier höher, als im andern Schenkel. Wenn man nun den Finger entfernt, so tritt es in den andern Schenkel, bleibt aber in Folge des Trägheits-Moments nicht sogleich, wenn es auf beiden Seiten den gleich hohen Stand erreicht, setzt vielmehr seine Bewegung so weit fort, bis es im andern Schenkel nahe dieselbe Höhe erreicht, die es früher im ersten hatte, und nunmehr erfolgt die entgegengesetzte ähnliche oscillirende Bewegung, bis es nach vielfachen, immer schwächeren Schwankungen endlich zur Ruhe kommt. Könnte man ein Seitenbassin von gleicher Grundfläche wie die Kammer, mit diesem einen Canal verbinden, dessen Querschnitt dieser Grundfläche

76. Schiffsschleusen mit Seitenbassins. 81

Es wäre es möglich, diesen Canal momentan zu eröffnen und so schnell wieder zu verschliessen, sobald das Wasser den höchsten Stand erreicht hat, so würde man die plötzlich bis zum Unterwasser entleeren, und in gleicher später mit derselben Wassermenge wieder beinahe eben so früher füllen können. Diese Bedingungen sind in Schiffsschleusen nicht zu erfüllen. Der Verbindungsgraben sich mit grossen Kosten zwar ausführen, aber der vollständige Verschluss desselben, sowie auch seine Eröffnung in voller Weite sind unmöglich.

Englische Ingenieur Josuah Field schlug vor*), diese ausführbar zu machen, dass man dem viel engeren Seiten-Canal eine sehr grosse Längen-Ausdehnung giebt, dass er so viel Wasser fasst, als übergeführt werden soll. Daraus lässt sich übersehen, dass es auf die möglichste Erhaltung der Kraft ankommt, die augenscheinlich in dem langen Graben noch mehr beim Austritt des Wassers aus demselben verloren so vollständig zerstört wird, dass die Bewegung aufhört, sobald das Gleichgewicht sich dargestellt hat.

André Bétancourt wollten die Kammer aus dem Seiten-Canal füllen, dass sie in letztern einen grossen Kasten bilden. Derselbe sollte so beschwert sein, dass er von selbst zur erforderlichen Tiefe niedersank. Er hing aber an einem Arme eines Hebels, dessen längerer Arm bei dieser Stellung des Kastens nahe senkrecht stand und der horizontal um so mehr sich näherte, je weiter der Kasten ausstrat. Sie zeigten, dass durch passende Belastung des Hebels das Gleichgewicht in allen Stellungen sehr nahe sich erhielt. Es kommt also nur darauf an, das Gleichgewicht zu erhalten, das Wasser in Bewegung zu setzen, wozu eine Menschenkraft genügt. Auf grosse Geschwindigkeit wäre dabei freilich nicht zu rechnen. Auch dieser Vorschlag ist nie zur Ausfuhr gekommen.

Ein andern Vorschlag, den D. Girard machte**), beurtheilte

Transactions of the Institution of Civil Engineers Vol 1, pag. 61.
Rapport et mémoire sur le nouveau système d'écluse à flotter de M. Girard
 Paris 1845

die Pariser Academie der Wissenschaften sehr günstig, und dessen Brauchbarkeit vollständig an. Doch ist derselbe, so kannt, noch nie versucht worden. Fig. 355 auf Taf. L betreffende Anordnung der Schleuse, *a* im Grundriss und in zwei Längendurchschnitten, die beide durch die punkte des Grundrisses gelegt sind und die verschiedenen Stellen des Schwimmers bezeichnen. In diesen Figuren ist ein sehr Schleusengefälle angenommen, um die Höhenverhältnisse stellen zu können.

Das zur Seite der Schleuse befindliche Bassin ist kreisförmig und sein horizontaler Querschnitt ist etwas größer, als die Schleusenkammer. Es steht mittelst eines Canals mit letzterer in Verbindung, ohne weder mit dem Oberwasser, noch mit dem Unterwasser verbunden zu sein. Der Schwimmer, aus einem eisernen Cylinder mit doppeltem Boden bestehend, hängt an drei Ketten, die über feste Rollen gezogen und mit Gegengewichte gespannt werden, welche das Gewicht des Schwimmers vollständig aufheben. Indem die Wände und der Boden desselben aus Blechen gebildet sind, deren Raum-Inhalt gleichungsmäßig zu den von ihnen eingeschlossenen Räumen verhältnißmäßig klein angesehen werden kann, so wird auch durch die Einsenkungen das eigne Gewicht des Schwimmers durch das Gegengewicht beinahe aufgehoben, und seine Eintauchung und Blevonung bleibt von dem Gewicht der Füllung abhängig.

Sowohl das Oberwasser, als das Unterwasser des Canals bis nahe an das Bassin geführt, wie der Grundriss zeigt, und wie dieses ist durch weite abwärts gekrümmte gusseiserne Röhren mit den beiden Abtheilungen des Schwimmers in Verbindung gesetzt, nämlich das Oberwasser mit der obern, und das Unterwasser mit der untern Abtheilung. Die durch das Bassin hindurchgehenden vertikal aufwärts gerichteten Schenkel dieser Röhren müssen wasserdicht an die Böden des Schwimmers anschließen, oder wenigstens das Auf- und Abgehen desselben zu verhindern, sie sind daher gedreht und geschliffen und mit Stopfbüchsen umschlossen. Die obere Abtheilung des Schwimmers, oder der Raum *B* ist oben offen, und unten mit einer Oeffnung versehen, an deren Rand eine Röhre anschliesst, die bis zum untern Boden des Schwimmers herabreicht. Auf diese Weise besteht keine Verbindung mit

in der obern und untern Abtheilung des Schwimmers, durch welche hindurchtreten könnte, vielmehr communicirt der Raum *B* mit dem Oberwasser. Letzteres kann aber durch die gebohrte Röhre, welche in die betreffende Röhre sich einschiebt, in den Raum *B* frei aus und eintreten, so lange nicht das Kegelventil geschlossen wird. Die untere Abtheilung des Schwimmers, der Raum *A*, steht in gleicher Weise mit dem Unterwasser in Verbindung, indem die zweite gekrümmte Röhre wieder durch den Boden hindurchtritt, und wenn er am tiefsten herabgesunken ist, eine Decke, oder den Zwischenboden des Schwimmers bildet. Auch diese Verbindung kann mittelst eines Kegelventils geschlossen werden. Außerdem hat die äußere Luft sowie das Wasser, auch zur untern Abtheilung freien Zutritt, indem eine Röhre, und zwar in der Verlängerung der eben erwähnten, durch die obere Abtheilung hindurchgeführt ist, ohne eine Verbindung mit dem Unterwasser darzustellen.

Wenn die Schleusenkammer sei leer, oder der Wasserstand darin mit dem Unterwasser im Niveau. Alsdann müssen auch beide Abtheilungen des Schwimmers leer sein, so daß derselbe nur wenig vom Wasser umgeben ist, wie Fig. 355b zeigt. Die Gegengewichte sind so abgemessen, daß sie in diesem Zustande den Schwimmer in solcher Lage halten, daß seine beiden Böden um 2 Zoll mit ihren Oberflächen tiefer liegen, als das Ober- und Unterwasser im Canal. Man öffnet daher die beiden Ventile *D* und *E*, so tritt das Wasser gleichmäßig in beide Abtheilungen ein. Dadurch wird der Schwimmer stärker belastet, sinkt also tiefer herab, und die oben erwähnte Niveau-Differenz von 2 Zoll bleibt unverändert während der ganzen Bewegung, so daß die Einströmung sich gleichmäßig fortsetzt, bis der Schwimmer die tiefste Stelle erreicht hat. Dabei ändert sich aber der Wasserspiegel im Seitenbassin nicht derselbe. Wäre er es, so würde der Schwimmer unter den obigen Voraussetzungen doppelt so tief herabsinken, als der Wasserstand in jeder der beiden Abtheilungen zunimmt. Seine Eintauchung nimmt auch in dieser Weise zu, aber der Wasserstand im Bassin ist derselbe, wie in der Schleusenkammer, und dieser steigt wegen des horizontalen Querschnitts des Schwimmers eben so hoch, als er tiefer herabsinkt. Die absolute Senkung des Schwimmers ist daher nur halb so groß, als die Zunahme der Eintauchung,

oder sie entspricht der Zunahme des Wasserstands in j beiden Abtheilungen, woher die Niveau-Differenzen gegen d und Unterwasser unverändert dieselben bleiben.

Der Schwimmer wird am weitem Herabsinken gehin bald das ihn umgebende Wasser, welches im Niveau des in der Schleusenammer steht, bis auf 2 Zoll dem Ob stande des Canals sich genähert hat. Er stellt sich als einen am Boden des Bassins angebrachten vortretenden R Eine weitere Erhebung des Wasserstandes in der Schleu nicht statt, man läßt indessen, ehe die Oberthore geöffnet einige Zeit verstreichen, damit der Wasserstand in beiden lungen des Schwimmers sich mit dem Ober- und Unterwas ständig ins Niveau setzen kann. Alsdann schließt man di Ventile *D* und *E*, und öffnet die Oberthore. Der gering dieselben noch wirkende Wasserdruck kann unmittelba die Winden überwunden werden, woher Schütze in den entbehrlich sind.

Soll nunmehr die Kammer wieder entleert, oder der stand in derselben bis zum Niveau des Unterwassers gese den, so muß der Schwimmer sich heben, damit der In Kammer wieder in das Bassin zurücktritt. Der Schwim beim Füllen der Kammer die in Fig. 355 *c* angedeute lung angenommen. Nachdem das Schiff in die Kammer ist, und die Oberthore geschlossen sind, so öffnet man die *D* und *E*, und stellt dadurch wieder die Verbindung beider lungen des Schwimmers mit dem Ober- und Unterwasser l beiderseitigen Wasserstände, welche durch jene gekrümmt verbunden werden, stehn nunmehr aber wieder nicht im Sie hatten freilich beim Schließen der Ventile gleiche Höh beim Öffnen der Oberthore der Schleuse trat in der Kam sonach auch im Seitenbassin ein um 2 Zoll höherer Was ein. Um eben soviel wurde auch der Schwimmer, und s selben das darin befindliche Wasser gehoben. Aus diesem fließt nunmehr der Inhalt der beiden Abtheilungen des s mers wieder nach den beiden Theilen des Canals ab, und fängliche Niveau-Differenz ändert sich auch nicht, weil der s mer in demselben Maasse aufsteigt, wie das Wasser abfließ dem er sich aber hebt, tritt das Wasser aus der Schleusen

den Bassin zurück, und erstere nimmt den niedrigen Stand des Wassers an. Doch auch dieses geschieht wieder nicht, vielmehr ist alles Wasser aus den Abtheilungen des Bassins schon abgelaufen, und die weitere Bewegung des Wassers demnach schon auf, sobald die Niveau-Differenz zwischen der Schleusenkammer und dem Unterwasser 2 Zoll beträgt. Sobald die Ventile alsdann wieder geschlossen sind, öffnet der geringe Wasserdruck die Unterthore, und senkt den Schwimmer so weit, daß beim spätern Oeffnen der Füllung des Schwimmers von selbst beginnt.

Es ist nicht in Abrede zu stellen, daß die Anordnung des Bassins höchst sinnreich ist. Das beim Füllen der Kammer aus dem Unterwasser in den Schwimmer hineingezogene Wasser wird beim nächsten Entleeren der Kammer wieder vollständig derjenigen Seite zurückgegeben, von wo es entnommen wurde. Das geringe Wasser dagegen, welches abwechselnd die Schleusenkammer und das Seitenbassin füllt, erleidet einen geringen Verlust, indem bei jedem Oeffnen der Unterthore dasselbe 2 Zoll tief abfließt, daher bei jedem Oeffnen der Oberthore eben so viel nachzulassen werden muß. Dieser Bedarf für die Füllung der Schleuse ist so unbedeutend, daß er auch durch die Zuflüsse gedeckt wird, und man daher in dieser Hinsicht die Aufgabe als gelöst ansehen kann. Als die Commission der Academie dieses Project beurtheilte, wies sie darauf hin, daß in der Nähe von Paris eine sehr passende Gelegenheit zur Errichtung einer solchen Schleuse sich darbot. Der Flußhafen bei Paris liegt nämlich bedeutend höher, als der gewöhnliche Wasserspiegel der Seine, woher zur Verbindung beider eine Schleuse anzuordnen. Die Quellen, durch welche man den Hafen zu speisen wollte, haben sich bald als ungenügend gezeigt, und man hat daher endlich zu einer Schöpfmaschine sich entschließen müssen, welche durch eine Dampfmaschine in Betrieb gesetzt wird. Letztere muß durchschnittlich im Jahre neun Monate hindurch im Gange bleiben, um den Wasserspiegel im Hafenbassin auf der erforderlichen Höhe zu erhalten. Die sehr starke Wasser-Consumption des Hafens rührt daher ausschließlich von dem so häufigen Füllen der großen

Schleusenkammer her, weshalb gerade hier das Bedürfnis besonders dringend heranstellt, das Wasser aus der Schleuse beim Entleeren derselben in einem Seitenbassin aufzufangen, es zu den spätern Füllungen wieder benutzen zu können.

Der Grund, weshalb man diese Schleuse weder hier, sonst irgendwo zur Ausführung gebracht hat, beruht wohl in den großen Kosten der ersten Anlage und Unterhaltung, leicht Beschädigungen eintreten und namentlich die Stopfbüchsen undicht werden können. Dazu kommt noch, daß das Uebeln des Wassers aus dem Canal in den Schwimmer, und rückwärts aus diesen in jenen bei der geringen Druckhöhe und der durch die Stopfbüchsen bedingten mäßigen Weite der Röhren langsam erfolgen wird, woher bei frequenter Schifffahrt eine Schleuse dieser Art unbrauchbar wäre.

Es giebt noch eine andre und an sich viel einfachere Benutzung solcher Seitenbassins, wobei freilich nur ein Theil aus der Kammer abfließenden Wassers aufgefangen, und spätern Füllung derselben wieder verwendet wird, die aber den wesentlichen Vorzug vor den beschriebenen besitzt, daß sie keine Anlage der Seitenbassins nebst verschließbaren Verbindungs-Canälen fordert und keiner sonstigen Vorrichtungen zur Darstellung des Gleichgewichts bedarf. Sie besteht darin, daß, so lange das Wasser in der Kammer noch höher steht als in einem Seitenbassin, es nicht in die nächste Canalstrecke sondern in dieses abgelassen wird, bis beide im Niveau stehen, dann schließt man den Verbindungs-Canal, und beim nächsten Anfüllen der Kammer läßt man in diese das aufgefangene Wasser zurückfließen. Seitenbassins solcher Art sind mehrfach angewandt und haben sich sehr nützlich gezeigt, um den Wasserverbrauch in Schleusen zu ermäßigen. Man hat aber in den meisten Fällen nicht mit einem Seitenbassin begnügt, sondern deren zwei, nämlich zu jeder Seite der Schleuse eins angebracht. An mehreren Schleusen auf Englischen Canälen kommen sogar deren vier vor. Sobald ihrer mehrere sind, werden sie der Reihe nach benutzt, indem man das Wasser beim Entleeren der Kammer zuerst in das höchste Bassin treten läßt, bis in diesem der Wasserspiegel mit dem der Kammer sich dargestellt hat. Nachdem die Verbindung geschlossen ist, füllt man in gleicher Weise das nächst

so fort, bis man den letzten Rest des Füllwassers der in das Unterwasser abfließen läßt. Beim Füllen der werden in umgekehrter Reihenfolge die Bassins mit der Verbindung gesetzt, und sobald der Wasserspiegel in dem des obersten Bassins im Niveau steht, wird die vollends aus dem Oberwasser gefüllt.

Bélidor beschreibt eine Schleuse dieser Art*), die von Jahre 1643 erbaut wurde und welche die nach Furnes führenden Canäle verbindet. Er rühmt sie als die Schleuse, die er geschn habe, und dieses sowohl wegen Ausführung, als auch besonders wegen der in Rede stehenden Seitenbassins. Die Kammer ist 124 Fuß lang und 21 Fuß hoch. Das Schleusen-Gefälle beträgt nahe 21 Fuß. Sowohl im Ober- als Unterhaupt sind Umläufe angebracht, die des Oberwasser abführen, aber mit den zu beiden Seiten befindlichen Bassins verbunden, so daß dieselben Mündungen theils zur Zuleitung des Oberwasser und aus den Seitenbassins, theils auch zur Abfuhr des Wassers in letztere dienen. Bélidor sagt, daß durch diese Anordnung der Verbrauch an Wasser auf den dritten Theil vermindert werde, und daß es bei den spärlichen Zuflüssen des Canals von Ypern ohne diese Verminderung des Bedarfs nicht möglich wäre, in demselben den erforderlichen Wasserstand zu erhalten. Indem die Größe der Seitenbassins nicht angegeben ist, läßt sich nicht beurtheilen, ob die Ersparung an Wasser so groß ist. Jedenfalls verdient dieser Gegenstand aber eine Untersuchung.

Man setze man voraus, daß jedes Seitenbassin denselben Querschnitt wie die Kammer hat. Wenn daher in einem Bassin eine Wasserschicht von der Höhe m abfließt, so steigt in der Kammer das Wasser eben so hoch. Damit aber das Wasser in einer oder der andern Richtung möglichst vollständig aufgefangen wird, so fließt es jedesmal so lange, bis im Bassin und der Kammer ein gleiches Niveau sich darstellt. Es ist auch Bedingung, daß nach dem Füllen oder Entleeren der Kammer das Wasser in allen Seitenbassins sich wieder auf das gleiche Niveau stellt, wie es vor dem vorhergehenden Entleeren oder Füllen war.

Architecture Hydraulique IV. pag. 411.

vortheilhafter werden die Seitenbassins, wenn man ihnen eine Ausdehnung giebt. q bezeichne den horizontalen Querschnitt der Schleusenkammer und rq denjenigen der Seitenbassins. Högen beim Aufnehmen des Wassers um m sich höher. Die oben aufgestellten Bedingungen gelten auch für diesen Fall. Man betrachte das Entleeren der Kammer, deren Höhe h über dem Unterwasser des Canals in Schichten von m eingetheilt ist. Die ersten Schichten, deren Anzahl r ist, werden in das obere Bassin geleitet. Das zweite Bassin nimmt wieder r Schichten aus der Kammer auf, und jedes dabei um eine Schicht von der Höhe m . Dasselbe geschieht im letzten, oder dem n ten Bassin. Alsdann muß das gemeinsame Niveau $r + 1$ Schichten über dem Unterwasser liegen, weil beim spätern Füllen der Schleuse die eine Schicht aus diesem Bassin den Wasserstand in der Kammer um m heben soll. Hiernach beträgt die ganze Anzahl der hohen Schichten zwischen Ober- und Unterwasser des

$$(n + 1) r + 1$$

der Inhalt von rn Schichten in den Seitenbassins zurückbleibt. Man erspart also relativ gegen eine gewöhnliche

$$\frac{rn}{(n + 1) r + 1}$$

die horizontalen Querschnitte der Seitenbassins die Größe von denen der Kammer, oder wäre $r = 2$, so beträgt die relative Ersparung von Wasser sein

$$\frac{2n}{n 2 + 3}$$

bei 1 Seitenbassin	$\frac{2}{5} = 0.40$
" 2 "	$\frac{4}{11} = 0.57$
" 3 "	$\frac{6}{11} = 0.67$
" 4 "	$\frac{8}{11} = 0.73$

Es giebt sich hieraus, daß man den Wasserbedarf zum Füllen der Schleusen durch Anlage von Seitenbassins allerdings vermindern kann, besonders wenn dieselben in großer Anzahl vorhanden sind und jedes eine bedeutende Ausdehnung hat. Der Bau wird indessen dadurch sehr vertheuert, auch

muss jedes Bassin durch einen gehörig weiten Canal mit dem andern verbunden werden, und in ihm müssen sich zwei Schleusen finden, die den Druck sowohl von einer, als von der andern aufheben, ferner müssen die Bassins in den Seitenwänden, und den Sohlen wasserdicht geschlossen werden, und die Sohlen etwas tiefer liegen, als die Niveaus, bis zu welchen das Wasser daraus abgelassen wird, weil der Abfluss über einem trocknen Boden gar zu langsam erfolgen würde. Der große Verlust bei der vielfachen Zu- und Abführung des Wassers. Die Darstellung eines gleichen Niveaus ist aber bei frequenter Schiffahrt ganz unstatthaft, und dazu kommt noch, dass die angegebenen relativen Ersparungen nur die äußersten Grenzen bezeichnen, die man niemals vollständig erreichen kann.

Hieraus erklärt es sich, dass man bei dem so vielfach in den Flüssen eintretenden Wassermangel, der oft Monate hindurch die Schiffahrt unterbricht, dennoch nur in seltenen Fällen zur Anordnung von Seitenbassins sich entschlossen, und wo dieses geschah, meist nur auf zwei derselben sich beschränkt hat.

Zuweilen hat man zwei gewöhnliche Schleusen unmittelbar neben einander erbaut, und indem die Kammern durch einen schließbaren Canal verbunden waren, jede dieser Kammern zum Seitenbassin der andern benutzt. Dieses System ist in dem Gtungs-Canal in England zur Ausführung gebracht und soll auch in Rußland Anwendung gefunden haben. Der Nutzen desselben in Bezug auf die Verminderung des Wasserbedarfs ist nicht zu verkennen, und derselbe stellt sich sogar in Betreff des Zeitgewinns noch günstiger dar, als wenn das Wasser zunächst in ein Bassin seitwärts geführt und später wieder in die Kammer geleitet wird. Wenn zwei Schiffe sich an der Schleuse begegnen, indem das eine herab-, das andre heraufgeht, und zum Einlassen desselben in die Schleuse eine Kammer gefüllt und die zweite entleert werden muss, so wird, nachdem die sämtlichen Thore geschlossen sind, die Verbindung beider Kammern eröffnet, und in beiden stellt sich derselbe Wasserstand dar, der bei vorausgesetzter gleicher Größe der Kammern in die Mitte zwischen Ober- und Unterwasser fällt. Auf diese Weise füllt sich die zweite Kammer schon bis zur Hälfte der Höhe, und zu ihrer vollständigen Anfüllung braucht man aus dem Oberwasser nur halb soviel Wasser zu entnehmen, als bei

lichen Schleuse erforderlich wäre. Denselben Vortheil er-
man aber auch noch, wenn ein Schiff herabgegangen ist, und
ein andres herabgeht, oder wenn umgekehrt die herauf-
gehenden Schiffe einander folgen. Im letzten Falle würde man
auch, nachdem ein Schiff sich bereits im Oberwasser befindet,
den Rest des Inhalts der ersten Kammer in die zweite gießen,
wenn diese das zweite Schiff schon aufgenommen hat. Zur
nächsten Füllung derselben würde also wieder nur die halbe
Menge erforderlich sein.

Eine eigenthümliche Einrichtung zur Ermäßigung des Wasser-
verbrauchs beim Durchschleusen von Schiffen ist noch von dem Nieder-
ländischen General-Inspector des Wasserstaats Goudriaan angegeben,
welche im Jahr 1816 bei mehreren Schleusen des Schmilder-Canals
in der Provinz Drenthe zur Ausführung gebracht. Seitenbassins
sind dabei nicht vor, vielmehr wird die lebendige Kraft des
Wassers zum Füllen und Leeren der Kammer durch die Umläufe strömen-
den Wassers zum Betriebe eines Schöpfwerkes verwendet, wodurch
das Wasser aus dem Untercanal in den Obercanal gehoben
werden soll. Die Schöpfmaschine muß aber schnell in Wirksam-
keit kommen, und selbst bei abnehmender Geschwindigkeit noch
Effect haben. Das Wurfrad, das man hierzu gewählt
hatte, entsprach keineswegs diesen Bedingungen. Der Versuch ist
mißglückt, was sowohl L. Baand*) als Storm Buysing**) an-
erkennen, wengleich Beide Goudriaan's Erfindung, die sie nur
andedeutend, „sehr vernünftig“ nennen. Beide sagen überdies,
daß sie keineswegs gleichzeitig geschrieben haben, daß die
Schleusen „seit einiger Zeit“ nicht mehr gebraucht werden. Ich
möchte dazu bemerken, daß schon im Jahre 1823, als ich dort war,
der Schleusenwärter derjenigen Schleuse, die das stärkste Gefälle
hatte, erzählte, er sei bereits seit fünf Jahren angewiesen, die
Schleuse ohne besondern Befehl nicht in Thätigkeit zu setzen, und
daß der Befehl sei ihm seitdem nicht zugegangen.

Fig. 356 zeigt die Anordnung einer dieser Schleusen, deren
Gesamthöhe etwa 7 Fufs beträgt. Zwei Canäle, ein weiterer und ein
innerer, ziehen sich neben der Schleusenkammer vom Oberwasser

*) *Cursus over de Waterbouwkunde*. 1838. II pag. 284.

**) *Handleiding tot de Kennis der Waterbouwkunde*. 1845. II. pag. 153.

nach dem Unterwasser hin. Der erste, der zugleich die Stelle der gewöhnlichen Umläufe versieht, liegt zunächst der Schleuse, und in ihm fließt das Betriebswasser der Maschine. Er dient, sobald die Schütze passend geöffnet und geschlossen werden, sowohl zum Füllen, als zum Leeren der Kammer. In dem andern, mit zwei scharfen Krümmungen versehenen Canal sollte das Wasser in Folge der Wirksamkeit der Maschine aus dem Untercanal in den Obercanal zurückfließen. Die Maschine besteht aus zwei Rädern an einer gemeinschaftlichen Welle. Sie haben etwa 16 Fuß Durchmesser, und unterscheiden sich vorzugsweise dadurch von einander, daß das eine, nämlich das Betriebsrad, 4 Fuß breit ist, während die Breite des andern, das als Wurfrad dienen soll, nur 2 Fuß beträgt. Indem beide Räder sich in gleicher Richtung drehn, kann das letzte das Wasser nur in der Richtung des Unterwassers heben. Damit dieses aber dennoch dem Oberwasser zufließt und vom Unterwasser gespeist wird, mußten beide Theile dieses Canals noch zurückgeführt werden, woher derselbe die eigenthümlichen Krümmungen erhalten hat, welche die Figur zeigt.

Unmittelbar oberhalb jedes Rades ist ein Schütz angebracht, nämlich vor dem Mühlenrade das Schütz *C*, und vor dem Wurfrade das Schütz *E*. Außerdem befindet sich ohnfern der obern Mündung jedes Canals ein Schütz, und die beiden untern Mündungen des breiten Canals sind gleichfalls mit Schützen versehen. Während des Gebrauchs der Maschine sind die Schütze des engern Canals geöffnet, sowie auch im breitem das Schütz *C*. Die beiden mit *A* oder die beiden mit *B* bezeichneten Schütze sind aber immer zugleich entweder geöffnet oder geschlossen. Beim Füllen der Schleuse werden die Schütze *A* und *A'* geöffnet, während *B* und *B'* geschlossen sind. Das Wasser strömt alsdann aus dem Oberwasser in die Schleusenkammer, und treibt das Mühlrad. Letzteres setzt unmittelbar das Wurfrad in Bewegung, welches das Wasser im engern Canal nach dem Oberwasser treiben soll. Beim Entleeren der Schleuse werden die Schütze *A* und *A'* geschlossen, und dagegen *B* und *B'* geöffnet. Alsdann treibt wieder das aus der Schleusenkammer abfließende Wasser in gleicher Richtung das Mühlrad und das Wurfrad.

Die ganze Dauer des jedesmaligen Betriebes beschränkt sich auf wenige Minuten. Indem die beiden Räder aber nicht momentan

die Bewegung versetzt werden können, so verstreicht ein Theil der Betriebszeit, ehe die Räder die nöthige Geschwindigkeit angenommen haben, und bald darauf hat die Niveau-Differenz zwischen dem jedesmaligen Ober- und Unterwasser des Mühlrades schon so sehr abgenommen, daß das Wurfrad nicht mehr die nöthige Kraft hat, um das Wasser bis zur Höhe des ganzen Schleusengefälles hinaufzuwerfen. Der Schleusenwärter erzählte, die Maschine hätte in dem engern Canal gar keine Strömung nach dem Oberwasser hervorgebracht, wohl aber sei im Anfange und am Ende des jedesmaligen Betriebes auch durch diesen Canal das Wasser stark nach dem Unterwasser geflossen.

§ 76.

Senkrechtes Heben der Schiffe.

In den vorstehend beschriebenen Schleusen werden die Schiffe zwar auch gehoben und gesenkt. Dieses geschieht aber, indem man durch Zuführen oder Ableiten des Wassers in die Kammer, oder aus derselben, den Wasserstand in dieser verändert. Dagegen hat man auch versucht, die Schiffe entweder zugleich mit einer beweglichen Kammer, in der sie dauernd schwimmen, oder ohne solche, durch gewisse mechanische Vorrichtungen in ein andres Niveau zu versetzen, so daß sie aus einer tiefer belegenen Canalstrecke in eine höhere, oder umgekehrt übergeführt werden. Hiervon soll gegenwärtig die Rede sein.

Wie bekannt, taucht ein schwimmender Körper so tief ein, daß das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit seinem eigenen gleich ist. Wenn daher ein Schiff in eine Schleusenkammer hineingezogen wird, so fließt aus dieser eine Wassermasse heraus, die eben so schwer ist, als das Schiff, und tritt in diejenige Canalstrecke, aus welcher das Schiff kommt, und füllt genau denjenigen Raum, den dieses früher einnahm. Beim Ausfahren des Schiffes aus der Schleusenkammer findet wieder dasselbe statt, nur mit dem Unterschiede, daß das Wasser aus der Canalstrecke, in welche das Schiff gezogen wird, in die Schleusenkammer fließt. Hieraus erhebt sich, daß das Gewicht der gefüllten Schleusenkammer genau

dasselbe bleibt, mag ein Schiff sich darin befinden, oder nicht. Hat man demnach eine bewegliche Schleusenkammer, die durch irgend welche mechanische Vorrichtungen so gehoben und gesenkt werden kann, daß der Spiegel des darin befindlichen Wassers abwechselnd an das Ober- und Unterwasser sich anschliesst, so ändert das Gewicht dieser Kammer sich nicht, wenn ein beladenes oder leeres Schiff von der einen oder der andern Seite hineingebracht oder herausgezogen wird. Ein constantes Gegengewicht hält also einer solchen beweglichen Schleusenkammer das Gleichgewicht, und zu ihrer jedesmaligen Bewegung, d. h. zum Heben oder Senken braucht man nicht mehr Kraft, als zur Ueberwindung der Reibung und des Trägheits-Momentes erforderlich ist.

Es liegt demnach die Idee sehr nahe, die Schleusenkammer als einen besondern Kasten mit verschließbaren Zugängen an beiden Seiten darzustellen, und so aufzuhängen, daß er durch Gegengewichte in beliebiger Höhe schwebend erhalten werden kann. Die Schwierigkeiten der Ausführung sind dabei freilich sehr bedeutend, und man hat demnach die wenigen Anlagen dieser Art nur auf kleine Canal-Schleusen beschränkt. Bei dieser Einrichtung tritt gemeinhin der günstige Umstand ein, daß nicht nur der Wasserverlust beim Gebrauch dieser Schleusen ganz aufhört, selbst in dem Fall, wenn man die Betriebskraft durch ein geringes Uebergewicht der jedesmaligen Füllung aus dem Oberwasser darstellt, sondern daß sogar etwas Wasser gehoben, oder das Oberwasser aus dem Unterwasser gespeist wird. Wenn nämlich der ganze Güterverkehr, wie gewöhnlich, abwärts gerichtet ist, also die Schiffe in der Schleuse beladen herabsteigen, und leer zurückgehn, so ist die Wassermenge in der aufsteigenden Schleusenkammer jedesmal um das Gewicht der Schiffsladung größer, als in der herabsinkenden, und dieser Ueberschuß wird durch die aufsteigende Kammer dem Oberwasser aus dem Unterwasser zugeführt.

Im Jahr 1792 wurde in England an einen gewissen Robert ein Patent auf Schleusen-Anlagen ertheilt, wobei die Kammer in einem von allen Seiten und auch von oben, wasserdicht verschlossenen Cylinder bestand, der in einen Brunnen versenkt wurde. Das Wasser im letztern sollte aber sich noch bedeutend über den Wasserstand der anschließenden obern Canalstrecke er-

und der Cylinder mußte durch das in ihm befindliche Wasser des Anschlusses des eingefahrenen Schiffes, so wie auch durch sonstigen so beschwert sein, daß er genau soviel wog, wie das Wasser, das er verdrängte. Er befand sich daher, so lange er voll-eintauchte, bei jeder Tiefe im Gleichgewicht, und eine geringe Kraft genügte, um ihn zu heben oder zu senken. Dieses geschah durch eine Druckpumpe gescheln, mittelst deren die auf dem Canal befindlichen Leute eine Quantität Wasser aus dem Brunnen-Cylinder zuführten, oder aus diesem in jenen übertreten ließen. Wenn in dieser Weise die passende Höhe erreicht war, mußte der Cylinder wasserdicht an die Brunnenwand angeschlossen werden, um das Abfließen des Wassers aus dem Brunnen zu verhindern, dannmehr konnte man das große Schütz ziehn unter welchem das Schiff aus dem Cylinder in die anschließende Canalstrecke oder in denselben in jenen trat.

Wie abenteuerlich diese Erfindung auch war, so wurde sie doch ausgeführt. Der Ingenieur William Smith erbaute in den Jahren 1796 und 1797 auf einer Abzweigung des Somerset-Canals bei Dunkerton ohnfern Bath eine solche Schleuse von 44 Fuß Höhe, die für Schiffe von 70 Fuß Länge und 7 Fuß Breite bestimmt war. Im Frühjahr 1798 sollen auch, ehe der anschließende Canal noch eröffnet wurde, versuchsweise einige Schiffe herauf- und herabgelassen sein. Bald darauf stürzten aber die Mauern des Schützes ein, und man hat seitdem weder diese Schleuse in Stand gesetzt, noch einer andern dieselbe Einrichtung gegeben.

Im Jahr 1794, wurde gleichfalls in England auf eine ähnliche Erfindung ein Patent genommen. Die Schleusenkammer bestand dabei aber aus einem Kasten, welcher der gewöhnlichen Schleusen ähnlich, mit Boden und Seitenwänden versehen und oben geschlossen war, sie bildete jedoch nicht selbst den im Wasser versenkten und angemessen beschwerten Schwimmer, sondern stand auf mehreren mittelst mehrerer Stützen von sehr geringem Querschnitt, die nur darfst nie das Wasser berühren und liefs sich daher mit geringer Kraft heben und senken. Der Wasserstand im Canal muß in diesem Fall angemessen tief unter dem der untern Canalstrecke gehalten werden. Nach der Mittheilung von Chapoll soll eine Schleuse dieser Art auf dem Ellesmere-Canal

ausgeführt sein, Dutens*) suchte dieselbe aber vergeblich überzeuge sich, daß keine solche in England existirte. genau dieselbe Einrichtung ist in neuester Zeit nochmals in England patentirt worden, und zwar hat Simpson die Erfindung dem Namen des hydro-pneumatischen Elevators in Anspruch genommen**).

Schon im vergangenen Jahrhundert wurde von James Brown in Edinburgh eine andre Art der Darstellung des Gleichgewichts für die bewegliche Schleusenkammer angegeben, die Brown in Sheffield wiederholte, die aber, wie es scheint viel später am Grand-Western-Canal zur Ausführung gebracht wurde. Sie unterscheidet sich von den beschriebenen Einrichtungen wesentlich dadurch, dass zwei bewegliche Kammern angeordnet werden, die sich gegenseitig in allen Stellungen im Gleichgewicht halten, und von denen die eine heraufsteigt, während die andre herabsinkt, ohne daß dabei ein Eintauchen in Wasser erfolgt. Auf diese Art kann gleichzeitig ein Schiff gehoben oder herabgelassen werden, und die Gewichte derselben sind im Gleichgewicht, da jedesmal eine denselben entsprechende Wassermenge aus der Kammer entweicht. Beide anschließenden Canäle müssen in zwei Arme gespalten werden, von denen jeder mit einer Schleusenkammer in Verbindung gesetzt wird. Diese Anordnung, die bereits ausgeführt und zweckmäßig befunden ist, verdient nähere Beschreibung. Die folgenden Angaben sind aus den Mittheilungen des Ingenieur James Green***) entnommen.

Fig. 357 auf Taf. LI stellt die Einrichtung dieser Schleuse dar, nämlich *a* in der Ansicht von oben, *b* im Längendurchschnitt und zwar nach zwei verschiedenen Vertikal-Ebenen, so daß man in beiden beweglichen Schleusenkammern darin sieht, und *c* die Ansicht des ganzen Baues von der Seite des Unter-Canals.

Der Grand-Western-Canal, bei dessen Anlage im Jahre 1825 bereits auf die Erbauung von geneigten Ebenen und andern Mitteln zur Ueberwindung der starken Gefälle Rücksicht genommen wurde, verbindet zwar die Themse mit der Severn, wird aber wegen

*) *Mémoires sur les travaux publics de l'Angleterre.* Paris, pag. 37.

**) *The Engineer and Machinist.* November 1850. pag. 259.

***) *Transactions of the Institution of Civil Engineers II.* pag.

zu Lage nur zum Zwischenverkehr benutzt, und vorzugs-
weise darauf die aus nahe gelegenen Bergwerken kommen-
den so wie auch Kalk transportirt. Sehr kleine Schiffe,
36 Fufs lang und $6\frac{1}{2}$ Fufs breit sind und 2 Fufs 3 Zoll
tief, wenn sie beladen sind, befahren ihn. Die Ladung
beträgt 5 Tons oder 160 Contner. Die Transportkosten
sind sehr vertheuert, indem der Zug häufig durch Schleusen
gehemmt war, wobei jedesmal die Schiffe von einander getrennt
sein durchgebracht werden mußten, und das Pferd nebst dem
Wagen zu warten gezwungen waren, bis das letzte Schiff des
Zuges durchgegangen war. Dieser Umstand gab Veranlassung,
eine Einrichtung zu wählen, wobei das ganze Gefälle von
144 Engl. oder 44 Fufs 8 Zoll Rheinländisch auf eine einzige
Schleuse concentrirt wurde, und alle übrigen fortfielen. Außerdem
diesem Canal, so lange die gewöhnlichen Schleusen darauf
bestanden, auch an Wasser gefehlt. Dieses war ein zweiter
wichtiger Grund zu seiner Veränderung.

Die beiden Arme des Ober-Canals, sowie die des Unter-Canals,
liegen vor starken Stirnmauern, welche unter sich durch
Quermauern und einen Mittelpfeiler verbunden sind, und ein
Wehr bilden. Der Mittelpfeiler, der sich sowohl auf- als
abwärts fortsetzt, trennt die beiden Canalarme auf jeder Seite
von der Schleuse, und in derselben die beiden senkrechten
Schächte, in denen die beweglichen Kammern auf- und abgehn.
Es finden in diesen Schächten hinreichenden Spielraum, um
sich zu bewegen zu können, auch muß der Wasserstand in diesen
gehalten werden, daß die Kammern dasselbe mit dem Boden
berühren, wenn sie auch mit dem Unter-Canal in Verbindung
werden.

Die Kammer ist so groß, daß eins der beschriebenen Schiffe
fahren kann, und den nöthigen Spielraum von einigen Zollen
hat. Sie besteht aus hölzernem Boden und hölzernen Wänden
auf allen Seiten. Die Verbindung zwischen diesen ist durch
Klitten im Innern dargestellt, während auf der äussern Seite
gegenüber, starke Schienen angebracht und mittelst durch-
gehender Bolzen mit den Klitten verbunden sind. Die Fugen
zwischen den Bohlen, die sämmtlich nach der Länge der Schleuse
verlaufen, sind in gleicher Art, wie bei Schiffen durch eingetriebenes

Werg und Pech gedichtet. Die beiden kürzern Seitenwände der Kammer werden durch gusseiserne Rahmen gebildet, die die Enden der Bohlen fest verbolzt, vorzugsweise die Seitenwände gegen den Boden sichern. In diese Rahmen Nuthen eingehobelt, und hierin bewegen sich die gusseisernen Schütze welche die Kammern an beiden Enden abschließen. Jeder der vier Canal-Mündungen ist ein gleicher Rahmen an dem gleichen Schütz angebracht, und sobald die Verbindung einer Schleusenkammer und einem dieser Canäle dargestellt soll, so lehnt man die Rahmen aneinander und indem ein Werk von getheerten Tauen sich darzwischen befindet, so läßt sich leicht ein ziemlich wasserdichter Schluß darstellen. Wenn die beiden Schütze gezogen werden, die sich schon beim Vorüberfahren rühren, so stellt sich die freie Verbindung zwischen der Schleusenkammer und dem Canale dar.

Von den oben erwähnten Eisenschienen, welche die Schleuse an der äußern Seite umfassen, setzen sich drei Paare bis zu den Seitenwänden fort, und greifen im Abstände von etwa 3 Fuß an den Enden von drei gusseisernen Querbalken, woran die Schleuse hängt. Durch die Mitte eines jeden derselben ist, wie Fig. 1 zeigt, eine starke Stange gezogen, die mit einem Schraubengewinde auf metallner Mutter den Balken trägt. Mittelst dieser Stangen kann man die drei Balken gleichmäßig belasten, und die Schleuse in die angemessene Höhe bringen. Die Schleuse wird außerdem noch durch je zwei Seitenketten an den Enden der Balken, um das Durchbiegen oder Brechen derselben zu verhindern. Auch diese Ketten können durch Schrauben an den Enden des Bedürfnisses gespannt werden.

Die Tragstangen stehen in unmittelbarer Verbindung mit den Hauptketten, welche über drei große Räder gezogen sind und beide Kammern tragen. Die Ketten sind aus platten Gliedern des vorzüglichsten Eisen zusammengesetzt, die durch kurze Zwischenglieder, wie in Uhrketten, mit einander verbunden sind. Diese Verbindung ist durch stählerne Bolzen dargestellt. Die erwähnten drei großen Räder aus Gusseisen sind in den Rinnen, in denen die Ketten laufen, mit flachen Zähnen versehen, die zwischen die Verbindungs-Glieder der Kette eingreifen, um das Gleiten der letztern zu verhindern. Die Räder haben

76. Senkrechtes Heben der Schiffe.



schmesser, und das mittlere ist neben der Rille noch mit gezahnten Kranz versehen, in welchen an jeder Seite eine Leiste eingreift, das theils mit zwei Bremsen, theils aber auch ein Räderwerk mit zwei Kurbeln in Verbindung steht, um, wenn nöthig sein sollte, die Kammern auch ohne Gegengewicht bewegen zu können.

Auf den Seitenmauern, so wie auch auf den Mittelpfeilern stehen eiserne hohle Säulen von 9 Fuß Höhe und 1 Fuß Durchmesser. Sie tragen einen gußeisernen Rahmen, auf welchem die einmal gekoppelte schmiedeeiserne Achse der drei Räder aufliegt. Diese ist 10 Zoll stark und im Ganzen 22 Fuß lang. In Beziehung auf das Mauerwerks ist noch zu erwähnen, daß der Mittelpfeiler überwölbten Galerien und Treppen versehen ist, so daß man bequem zu den Schleusenkammern hinabsteigen kann, wenn sie sich in der Höhe des Unter-Canals befinden. Außerdem ist der Mittelpfeiler auch nach der Quere durch sechs große überwölbte Oeffnungen unterbrochen, um theils die Mauermasse etwas zu verringern, aber auch um die Räume zu erleuchten.

Es ist schon erwähnt worden, daß die eisernen Rahmen an den kurzen Seiten der Schleusenkammern sich an diejenigen, welche an den Enden der Canäle angebracht sind, scharf anschließen, so daß sie gegen diesen Druck gepreßt werden. Die Vorrichtungen zur Dichtung dieses Drucks, sind für die Ober-Canäle nicht dieselben, wie für die Unter-Canäle. Bei jenen sind jedesmal durch den Rahmen, der einen Canal begrenzt, zwei starke eiserne Stangen gezogen, die sich horizontal zu beiden Seiten des Schachtes bis an das hintere Ende fortsetzen. Hier sind sie mit Schraubengehängen versehen, welche durch einen starken gußeisernen Arm gezogen, und indem die Schraubenmuttern hinter demselben durch eine Winde in Bewegung gesetzt werden, so lehnt dieser Arm sich an den hintern Rahmen der Kammer und preßt die ganze Kammer gegen den Ober-Canal, so daß sie sich scharf an diesen anschließt.

Neben der Sohle jedes Schachtes sind dagegen zu demselben Zweck zwei aufwärts gerichtete gußeiserne Keile angebracht, gegen welche die herabsinkende Schleusenkammer mit dem hintern Rahmen sich lehnt, und dadurch von selbst an den Rahmen vor den Canal mit hinreichendem Druck gepreßt wird.

Eine wesentliche Störung des Gleichgewichts würde die stets wechselnde Vertheilung des Gewichts der Tragketten stehn, woran die Schleusenkammern hängen. Sobald die Bewegung nämlich beginnt, befindet sich der größte Theil dieser Tragketten auf der Seite derjenigen Kammer, welche gehoben werden soll, es wäre daher ein bedeutender Ueberschuss an Kraft erforderlich, die Bewegung eintreten zu lassen. Sobald letztere aber beginnt, würde sich sogleich das Uebergewicht der ansteigenden Kammer vermindern, in der Mitte des Weges ganz aufhören, und wieder auf der entgegengesetzten Seite, nämlich auf der Seite der sinkenden Kammer, eintreten. Diese Uebelstände sind dadurch vermieden, daß an den Boden jeder Schleusenkammer noch Hinterketten gehängt sind, welche dem Gewichte nach mit den Tragketten übereinstimmen. Bei jeder Stellung der Kammer sind diese Ketten in Verbindung mit den Tragketten im Gleichgewicht.

Um die Bewegung der Kammern eintreten zu lassen, ist nicht sowohl das Räderwerk mittelst der beiden Kurbeln in Bewegung gesetzt, als man vielmehr jedesmal in derjenigen Kammer, die mit dem Oberwasser verbunden wird, durch geringe Ueberhöhung des Wasserstandes ein Uebergewicht darstellt, so daß sie von selbst herabsinkt, und man die Bewegung der Kammern allein durch die Bremse reguliren kann. Man hat gefunden, daß ein Uebergewicht von 1 Ton zu diesem Zweck genügt. Indem aber jede Kammer im Innern 29 Fuß lang und 7 Fuß breit ist, so stellt dieses Uebergewicht sich schon dar, wenn der Wasserstand um etwa 2 Zoll vermehrt wird. Man regulirt demnach die Tragestangen so, daß während das Niveau der Kammer sich an das des Unter-Canals anschließt, das Niveau derselben 2 Zoll unter dem des Ober-Canals steht. Wenn in dieser Lage die Verbindung mit dem Ober-Canal dargestellt wird, fließt aus demselben soviel Wasser hinzu, daß das Uebergewicht von selbst eintritt.

Außer dieser Wassermenge muß man auch noch auf den Verlust wegen Undichtigkeit der Fugen und wegen jeder Füllung des Raums zwischen den beiden Schützen rechnen, man schätzt denselben wieder zu 1 Ton für jede Schleusung.

der ganze Bedarf, der jedesmal aus dem Oberwasser entnommen wird, 2 Tons betragen. Indem jedoch auf diesem Canal beladenen Schiffe herabgehn, und nur leere heraufkommen, so verliert jede aufsteigende Schleusenkammer dem Ober-Canal 8 Tons Wasser mehr zu, als sie beim Herabgehn wieder zurücknimmt. Das Oberwasser wird demnach mit Rücksicht auf jene Verluste bei jeder Schleusung mit 6 Tons oder mit 180 Kubikfuß Wasser gespeist.

Noch verdient die Geschwindigkeit Erwähnung, womit die Schiffe durch diese Schleuse hindurchgeführt werden. Die Kammern schliessen, nachdem die obere gelöst ist, von selbst eine schnelle Bewegung an, die man mittelst der Bremse mäßigen muß. Die untere Kammer schließt sich schon in Folge des Drucks, den jene auf sie ausüben, an den Unter-Canal an, die obere muß man durch die erwähnten Schrauben herandrücken. Einige Vorrichtungen der Kurbel sind indessen hierzu genügend. Die Kurbel der Kammer und des anstoßenden Canals werden durch besondere Windvorrichtungen gleichzeitig gefaßt, und indem entgegengesetzte Gegengewichte angebracht sind, hebt man beide sehr schnell so hoch, daß die Schiffe darunter fortfahren können. Die Dauer einer Schleusung mit allen dabei vorkommenden Veränderungen beschränkt sich auf 3 Minuten. In dieser Zeit wird ein Schiff 46 Fuß hoch gehoben und ein andres eben so tief gesenkt, es ist indessen keineswegs erforderlich, daß jedesmal zwei Schiffe sich hier begegnen vielmehr stellt die nur mit Wasser gefüllte Schleusenkammer schon das nöthige Gegengewicht dar.

Nach dieser Mittheilung scheint die Einrichtung ihrem Zweck vollständig zu entsprechen, und sogar überraschende Resultate erwarten zu haben, doch ist nach den vorangehenden Aeußerungen davon zu vermuthen, daß größere Vorsicht, als beim Gebrauch gewöhnlicher Schlessen, hier erforderlich ist, um den Betrieb zu sichern und leicht mögliche Unfälle zu vermeiden.

Man nennt in England die bisher beschriebenen Einrichtungen, in die Schleusenkammern lothrecht gehoben und gesenkt werden, *vertical Lift* oder lothrechten Hub, doch begreift dieser auch diejenigen Anstalten, wodurch nicht die ganze Schleusen-
kammer mit dem Schiffe, sondern das Schiff allein, auch wohl nur

die Ladung desselben aus dem in der einen Canalstrecke liegenden Schiffe in dasjenige senkrecht heraufgewunden oder herabgelassen wird, welches sich in der andern Strecke befindet.

Augenscheinlich sind die Gewichte der Schiffe, vollends die der Ladungen allein, viel geringer, als wenn daneben noch die Schleusenkammern mit dem darin befindlichen Wasser heben und senken müßte. In dieser Beziehung dürfen die nöthigen Vorrichtungen weniger kräftig sein. Dabei schwindet freilich das erwähnte Gleichgewicht der auf- und abgehenden Lasten, doch ist dieser Umstand nicht von Bedeutung, so fern auf kleinern Canälen, um welche es sich hier allein handelt, die Schiffe nur in den Thalfahrten beladen sind, während sie heraufgehn. Das beladene Schiff kann also schon das Wasser heben.

Das Bedenken in Betreff der Formveränderung des Schiffes während es beladen aus dem Wasser gehoben wird, ist gleichwohl von wenig Bedeutung, da diese Fahrzeuge wegen ihrer geringen Größe leicht hinreichend fest construirt werden können, sie immer mit flachem Boden versehen sind, der auf der passenden Tafel sicher aufsteht, wenn nicht das Schiff so gebaut ist, daß es ohne Nachtheil in Ketten gehängt werden kann.

Die verschiedenen Vorrichtungen, die zum unmittelbaren Heben der Schiffe dienen, sind zwar nicht mehr Schiffschleusen, gehören also eigentlich nicht in diesen Abschnitt, da ihr Zweck, mit dem der letztern übereinstimmt und sie so wichtig sind, daß sie nicht übergangen werden dürfen, so schien es am passendsten, sie hier zu behandeln.

Zunächst muß von solchen Anlagen die Rede sein, wodurch nicht die Schiffe selbst, sondern deren Ladungen aus einer Strecke in die andre übergeschafft werden. Nicht selten ist solches Umladen schon geboten, sobald eine Schleuse neu erbaut oder wesentlich ausgebessert wird, so daß sie während dieser Zeit nicht passirt werden kann. Man bemüht sich alledem durch Krähne und durch Einrichtung bequemer Wege das Umladen möglichst zu erleichtern, doch tritt dabei jedesmal eine wesentliche Unterbrechung des Verkehrs ein, woher man meist die neue Schleuse neben der alten erbaut, so daß diese noch so lange benutzt werden kann, bis jene eröffnet wird.

weilen erfolgt das Umladen auch fortwährend. So fehlte es beispiel dem seit einer Reihe von Jahren bereits eingegangenen Rhemens Canal bei Münster an den nöthigen Zuflüssen, um die große sogenannte steinerne Schleuse (§. 63) in Betrieb zu können. Dieselbe wurde daher, wahrscheinlich unmittelbar ihrer Ausführung, im Oberhaupt durch einen Fangedamm ersetzt, und ein hier aufgestellter Krahn diente zum Ueberladen der Güter aus dem in der untern Strecke liegenden Schiff auf dem Oberwasser schwimmende, oder umgekehrt.

Fulton wollte gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts die Aufgabe dadurch lösen, daß durch eine Winde-Vorrichtung in einem Kasten befindlich Ladung des Schiffs nur senkrecht gehoben und herabgelassen würde. Wenn aber auch der Canal bis über den untern geführt wurde, also ein Schiff nicht über dem andern stand, so hinderte der äußere Theil des ersten dennoch die Verbindung der Winde mit dem zweiten. Eine horizontale Bewegung war daher noch nothwendig. Diese wollte man einer Schleuse geben, die sich an den Ober-Canal anschloß, welche auf einer weitspurigen Eisenbahn zur Seite geschoben werden konnte. Augenscheinlich wäre es einfacher gewesen, der erste allein, als der mit Wasser gefüllten Schleuse diese Bewegung zu ertheilen.

Das lothrechte Anheben und Niederlassen der Schiffe, verbunden mit der erforderlichen Seitenbewegung, ist wohl nur sehr selten gewählt worden, doch hatte man es in der Gegend von Freiberg in Anwendung gebracht, woselbst vor fünfzig Jahren die gepochten Erzen beladenen kleinen Fahrzeuge in dieser Richtung die Amalgamirwerke erreichten. Ein Canal von etwa 30 Fuß Breite zog sich im Thal der Mulde hin, und an ihn schloß sich 35 Fuß höher belegene Canalstrecke auf dem Hochufer an. Der Ober-Canal war bis über den untern zwischen Mauern durchgeführt und am Ende durch einen wasserdichten Fangedamm abgeschlossen. Diese Mauern setzten sich in gleicher Höhe noch über den Unter-Canal fort, daß die zu hebenden Böte auch zwischen ihnen sich befanden. Auf den Mauern ruhte eine Bedachung, sowie auch eine Holzbahn, die nach älterer Art mit eisernen Zähnen versehen war, indem man die Reibung glatter Holz zur sichern Bewegung der Wagen nicht für genügend er-

achtete. Auf der Bahn stand der Wagen mit der Winde-Getriebe, das durch eine Kurbel von zwei oder vier Mann in Bewegung gesetzt wurde, griff in die Zahnräder zweier Theile von gleichem Durchmesser, die also übereinstimmend sich drehen. Die herabhängenden Taue waren durch Flaschenzüge von Rollen und Scheiben geschoren, und von den untern Blöcken gingen Ketten aus, die man in vier am Bord jedes Schiffes befindliche Ringe einhakte. Mittelst dieser Vorrichtungen wurde das Fahrzeug so hoch gehoben, daß es über den Fangedamm fortgeschoben werden konnte. Alsdann stellte man die Winde fest und setzte eine zweite Kurbel mittelst eines Vorgeleges eine Achse des Fahrzeuges, woran sich die mit Zähnen versehenen Räder befanden, in Bewegung, bis er über dem Unter-Canal stand, und nun wurde mittelst Bremsen das Fahrzeug herabgelassen. Die Ladung hatte je nach dem Gewicht nur das Gewicht von 20 Centner.

Ohne Zweifel sind Vorrichtungen dieser Art nur bei kleinen Fahrzeugen anwendbar, größere müßten ähnlich, wie bei solchen Schiffschleusen, worin sie gewogen werden (§. 73), auf Tafeln, die ihren ganzen Boden umfassen, gestellt werden, indessen nicht bekannt, daß man hiervon irgend wo Gebrauch gemacht hätte.

§. 77.

Geneigte Ebenen.

Wenn es darauf ankommt, ein Schiff bedeutend zu heben oder es tief herabzulassen, so hat das Ansteigen auf geneigten Ebenen vor der senkrechten Bewegung den großen Vorzug, daß ein Schiff nicht aufzuhängen braucht, es vielmehr auf einen Wagen gestellt werden kann, der auf einer angemessenen Anzahl von Rollen ruht. Auf diese Weise lassen sich auch größere Schiffe von einem Niveau in das andre versetzen, und bei der vollkommenen Darstellung der Schienen und Räder haben Anlagen solcher Art in neuerer Zeit vielfach Eingang gefunden, und sich vollständig bewährt, namentlich bei großen Niveau-Differenzen.

Dieser Vorzug der geneigten Ebenen vor den Schiffschleusen beruht zunächst in dem geringeren W

Selbst wenn am obern Ende eine Schleuse angebracht erfordert die Füllung derselben weniger Wasser, als wenn man, die zur Darstellung derselben Niveau-Differenz er- wären, gefüllt werden müßten, wie dieses später (§. 81) sen werden wird. Jenes Wasser braucht aber nicht bis er- Canal abzufließen, man kann es vielmehr in geringer er auffangen und wenn eine Dampfmaschine zum Betriebe benutzt wird, es in den Zwischenzeiten wieder in das er zurückführen. Wenn aber auch, wie gewöhnlich ge- die Schiffe durch Wasserkraft gehoben werden, und das Wasser aus dem Ober-Canal entnommen wird, so ist in den Fällen der Bedarf nicht bedeutend, insofern die belaste herab- und nur leere heraufgehn, also jene schon das Hebergewicht darstellen und die Maschine nur im Anfange Ende der Bewegung die volle Kraft zu entwickeln braucht und auch die Anlage-Kosten geringer, und zwar je vergleichungsweise um so mäßiger, je grösser die zu endende Niveau-Differenz ist, je mehr Schleusen also dabei werden. Die Terrain-Verhältnisse müssen freilich die Con- des Gefälles an einer Stelle gestatten, und es ist von ge der geneigten Ebenen abzusehn, wenn in der Nähe d-Linie der Boden sehr sanft und gleichmäfsig abfällt, da unge Einschnitte oder hoch liegende Canalstrecken die An- selbst die Unterhaltungs-Kosten sehr erhöhen würden. Auf auch auf die Ersparung in Bezug auf das Schleusen- Personal hingewiesen werden.

Der höchst wichtigen Vortheil bieten endlich die geneigten auch in Bezug auf die Beschleunigung der Fahrten. In derselben Zeit, in welcher ein Schiff durch eine ge- Schiffschleuse geht, kann ein solches hier gegen 100 Fufs werden, während meist gleichzeitig ein andres auch aus Wasser in das Unterwasser herabgelassen wird.

Der letzte Umstand, verbunden mit dem zuerst erwähnten Wasserverbrauch, der bei Benutzung der Dampfkraft sich minimum reducirt, hat in neuerer Zeit vielfach auf die ge- ebenen bei Canälen die Aufmerksamkeit gelenkt.

Die besten und einfachsten geneigten Ebenen sind die so ge- Bollbrücken (Overtoom) die man in den Niederlanden

nicht selten sieht. In ihrer Anordnung sind sie kleinen hölzernen Wehren sehr ähnlich. Ihre Ober- und Hinterböden steigen flach an und setzen sich bis unter das Wasser der anschließenden Canäle fort. Ihre Rücken erheben sich nur wenig über das Niveau der Ober-Canäle. Die darüber gehenden kleinen Kähne werden oft nur aus freier Hand herübergeschoben, und da die Böden hierdurch bald sehr glatt werden, so ist dieses meist nicht besonders schwierig.

Vielfach befindet sich in angemessener Höhe über dem Scheitel des Wehrs eine hölzerne Welle, woran ein Tau befestigt ist, welches um das zu hebende Boot geschlungen wird. Die Welle hat an jeder Seite ein Laufrad, zuweilen auch ein Spillrad, mit deren Hülfe man den nöthigen Zug ausübt. Sobald das Boot, das gemeinhin nur mit Milch, Butter u. dgl. beladen ist, an die Rollbrücke gelangt, bringen die beiden Leute, die dasselbe führen, es in die passende Richtung und befestigen an sein hinteres Ende das um die Welle geschlungene Tau. Wenn das Boot den Scheitel erreicht hat, so kann es durch die Winde noch bis auf die abwärts geneigte Ebne gebracht werden, auf der es leicht herabgeschoben wird.

Zuweilen wird die Anlage dadurch etwas vervollkommenet, daß man auf beiden Rampen Rollen anbringt, auf welchen die Kähne hinübergezogen werden. Fig. 358 auf Taf. LI zeigt eine Rollbrücke dieser Art. *a* im Grundriß und *b* im Längendurchschnitt. Die Rollen sind etwa 6 Fuß lang und 8 bis 9 Zoll stark, und an den Enden mit eisernen Achsen und aufgetriebenen eisernen Ringen versehen. Die Achsen laufen in hölzernen Pfannen, aus kurzen Holzstücken bestehend, und diese sind auf die Schwellen genagelt. Der Abstand der Rollen von einander beträgt etwa 3 Fuß, und sie liegen zu jeder Seite in einer Ebne, die etwa um den fünften Theil ihrer Länge gegen den Horizont geneigt ist.

Anlagen dieser Art findet man auch mehrfach in England, doch beschränken sie sich wieder nur auf den Verkehr kleiner mit flachem Boden versehener Kähne, und gemeinhin nur auf geringe Niveau-Differenzen. In den Niederlanden dagegen sind sie nicht selten gewählt worden, um Binnendeiche, die durch keine Schleusen unterbrochen werden durften, zu überschreiten, wobei also die Kähne zu größerer Höhe gehoben werden müssen.

Kommt es darauf an, größere Canalschiffe aus einem

in das andre zu versetzen, während das zum Durchschleu-
 derliche Wasser nicht zu beschaffen ist, oder eine grössere
 erheben werden muß, so finden die geneigten Ebenen noch
 dung, doch müssen alsdann die Fahrzeuge vollständig unter-
 und auf Wagen gestellt werden.

Die erste geneigte Ebne dieser Art in England wurde nicht
 nem für den öffentlichen Verkehr bestimmten Canal ausge-
 sondern auf einem kleinen isolirten Canal in der Grafschaft
 shire, der nur den Zweck hatte, die Anfuhr der Eisenerze
 Kohlen aus der Gegend von Oaken-Gates nach dem Hütten-
 bei Ketley zu erleichtern. Es handelte sich darum, einen
 fahrtsweg darzustellen, der nur 640 Ruthen, also noch nicht
 mittel Meile lang war, und ein Gefälle von 70 Fufs erhalten

Die Erbauung gewöhnlicher Schleusen würde nicht nur
 anlage übermässig vertheuert, sondern auch den Uebelstand
 geführt haben, daß die kleinen Schiffe einzeln von einer
 se zur andern hätten fahren müssen, während mehrere der-
 bequem durch ein Pferd gezogen werden konnten, wenn der
 ohne Unterbrechung zurückzulegen gewesen wäre. Dieses
 malte William Reynolds, der dem Hüttenwerk bei Ketley vor-
 eine Canalanlage auszuführen, wobei das ganze Gefälle mit
 einer einzigen geneigten Ebne überwunden wurde. Dieselbe
 Jahre 1788 erbaut. Sie ist aber nicht allein als die erste
 age dieser Art von Wichtigkeit, sondern ihre ganze Anord-
 ist auch so zweckmässig gewählt, daß schon in dieser Be-
 eine ausführliche Beschreibung derselben sich rechtfertigen
 weungleich mit Rücksicht auf die Fortschritte im Maschinen-
 die genaue Wiederholung der Constructionen sich nicht mehr
 fertigen würde. Die folgende Beschreibung ist vorzugsweise
 mir vorliegenden Reisejournal aus den ersten Jahren dieses
 Jahrhunderts entlehnt, sie ist aber in manchen Einzelheiten ver-
 ändert durch die Mittheilungen, die Dutens*) über die ge-
 ten Ebenen des Shropshire-Canals macht, die zum Theil jener
 Ketley nachgebildet sind, indem beide Canäle mit einander in
 dung stehen.

Fig. 359a zeigt den Längendurchschnitt durch den obern Theil

*) *Mémoires sur les travaux publics de l'Angleterre.* Paris 1819.

der ersten geneigten Ebne. Die hier benutzten Schiffe sind klein und von kastenförmiger Gestalt ohne Zuschärfung auf einen oder der andern Seite. Sie werden, wie bereits erwähnt, unmittelbar eins an das andre befestigt, so daß sie beim Befahren einer Canalstrecke ein langes Schiff bilden. Sie sind 19 Fuß lang, nahe 6 Fuß breit und 3 Fuß hoch, und werden mit 100 Centnern beladen, wobei sie etwa 2 Fuß tief gehn. Die Wagen, auf welche sie gestellt werden, sind mit vier Rädern versehen, von denen das eine Paar $2\frac{1}{2}$, das andre dagegen nur $1\frac{1}{2}$ Fuß hoch ist. Ueber dem erstern findet außerdem noch eine Auffütterung statt, und die geneigte Ebne nimmt an beiden Enden eine flachere Neigung an, so daß das Fahrzeug, wenn es aus dem Wasser gehoben oder wieder in dieses gestellt wird, nahe horizontal steht. An den langen Seiten der Wagen befinden sich leichte Verstrebrungen aus Holz, durch eiserne Zugstangen unterstützt, die theils die Schiffswände bilden, und theils auch zur Befestigung des Seils dienen, woran die Wagen heraufgezogen und herabgelassen werden. Zu diesem Zweck sind die beiderseitigen Stiele oben durch einen Riegel verbunden, wie die vordere Ansicht des Wagens Fig. 3 zeigt. An diesem Riegel befinden sich außer jenem Haken zur Befestigung des Windetaues noch zwei Ketten, und jedes Schiff vorn und hinten mit einem Haken versehen, in welche die Ringe an den Enden der Ketten eingreifen. Soll ein Schiff in der dem Obercanal verbundenen Schleuse, oder im Unterwasser auf den Wagen gebracht werden, der so tief im Wasser steht, daß nur der obere Riegel und die Seitenstiele darüber vorragen, so zieht man das Schiff in dieses Portal hinein und befestigt die eine Kette an den vordern Haken des Schiffs, wodurch schon ein zu weitestretzen des letztern nach vorn verhindert wird. Hierauf hängt man den Ring der zweiten Kette an den hintern Haken des Schiffs. Diese Operation und ebenso auch das Lösen der Ketten ist keine Schwierigkeit, indem die Ketten, so lange das Schiff schwimmt, schlaff bleiben, und erst gespannt werden, sobald das Schiff sich auf den Wagen aufsetzt. Der Spielraum zwischen den erwähnten Verstrebrungen und den Schiffswänden ist aber so geringe, daß beim Sinken des Wassers das Schiff sich schon selbst mit hinreichender Genauigkeit auf den Wagen aufstellt.

Die Räder sind mit doppelten Spurkränzen versehen, um

beiden Seiten die schmalen auf Langschwellen genagelten Querschwellen stellen in geringen Entfernungen die Verläufer der Langschwellen dar, um die parallele Lage der Schienen zu sichern. Zwei Bahnen führen in gleicher Neigung herab, und gleichzeitig immer ein Wagen ansteigt, während ein anderer absteigt, und beide Bahnen setzen sich so weit in die untere Ecke fort, daß die beladenen Schiffe, während sie von den Wagen noch nicht gelöst sind, schon aufschwimmen. Die Wagen sind durch die starken Eisenbeschläge so beschwert, daß sie im Wasser noch sicher auf den Schienen ruhn.

Die Bahnen sind mit Ausschluss der erwähnten kurzen Endstücke im Verhältnisse von 1 zu 2 gegen den Horizont geneigt. Sie führen aber nicht unmittelbar in den anschließenden Oberwasser, sondern da sie keinen wasserfreien Scheitel haben, so wird der Übergang durch eine Schleuse vermittelt.

Die Spurweite jedes Geleises misst 6 Fuß, und zwischen beiden Geleisen befindet sich ein 7 Fuß breiter Zwischenraum, den man zur Aufnahme eines Bassins benutzt hat, in welches bei der jedesmaligen Entleerung einer Schleusenkammer deren Inhalt hineingelassen geschieht durch Schütze, von denen man eins bei D sieht. Das im erwähnten Bassin aufgefangene Wasser wird durch einen in der Fundamentmauer angebrachten Canal, den man an der Mauer bemerkt, seitwärts abgeleitet, und in einem zweiten größern Bassin aufgefangen. In letzteres fließt auch das Wasser, welches aus der Kammer wegen mangelhaften Schlusses hinausquillt, indem es in einem ausgemauerten Canal am obern Ende der geneigten Bahn aufgefangen wird. Beide Leitungen haben nur schwache Gefälle. Nach beträgt die Niveau-Differenz zwischen dem letzten Bassin und dem Oberwasser des Canals nur etwa 15 Fuß, und eine Dampfmaschine genügt, um dieses Wasser in den Oberwasser zurückzupumpen.

Die Schleusenkammer ist so weit, daß sie so eben den Schiffen aufnehmen kann. Indem die Eisenbahn sich über ihren Canal fortsetzt, fährt der Wagen jedesmal sicher aus und ein, ohne die Wände zu berühren. Den Abschluß gegen das Oberwasser bildet ein einfaches Schleusenthor, welches die geringe Oeffnung des Canals spannt. Die Figur zeigt dasselbe geschlossen und die

Kammer entleert. Darin befindet sich ein Schütz zum Füllen der Kammer.

Ueber der geneigten Ebne wird die Kammer durch ein Schütz geschlossen, welches man geöffnet sieht. Dasselbe hängt an Ketten, die zweimal um dieselbe hölzerne Welle geschlungen sind, deren andern Enden durch ein daran gehängtes prismatisches Gufseisen *C* gespannt werden, welches sonach als Gegengewicht des Schützes dient. Wenn das Schütz gehoben und das Gegengewicht herabgelassen ist, schweben beide so hoch, daß der Wagen noch darunter fortfahren kann. Das am Wagen befestigte Tau hindert aber nicht die Bewegung des Schützes, indem es nur herabgelassen wird, wenn der Wagen sich in der Kammer befindet. Das Schütz ist so abgeglichen, daß es mit geringem Gegengewicht von selbst herabsinkt. An dem Ende der erwähnten Kammer befindet sich eine Trommel *H*, um welche gleichfalls ein Tau geschlungen ist, welches sich um eine kleinere Trommel *I* wickelt, deren Achse mit der Kurbel *F* und außerdem mit einem Rad versehen ist. Mittelst dieser Kurbel wird das Schütz gehoben und gesenkt.

Jedes Windetau, woran ein Wagen heraufgezogen und herabgelassen wird, schwebt über der Mitte der Bahn und der Schleuse. Wenn es weit ausgezogen ist, so hängt es bis auf die geneigte Ebne herab, und damit es auf derselben nicht schleift, wird es längs der Bahn in Entfernungen von etwa 15 Fuß Leitrollen mitgeführt. Dieses Tau, mittelst einer kurzen Kette an dem Ende des Portals auf dem Wagen befestigt, ist zunächst über eine Scheibe *L* gezogen, die keinen andern Zweck hat, als den Wagen in die Schleuse hineinzuziehen, indem die bequeme Behandlung der ganzen Maschine ein so weites Zurückstellen der Haupttrommel nicht gestattete. Diese letzte Trommel in der Figur mit *H* bezeichnet, befindet sich über der Schleusenkammer und ist aus Holzstäben zusammengesetzt. Sie verlängert sich aber über das Zwischen-Bassin fort bis über die zweite Kammer. Die Windungen für beide Bahnen sind um sie geschlungen und mit ihren Enden daran befestigt. Die Windungen sind aber entgegengesetzt, so daß bei Drehung der Trommel das eine Tau nachgelassen, das andre angezogen wird. Die ausgezogene Linie zeigt das vordere Tau, die punktirte Linie dagegen das der hintern Kammer zugehörige.

Die Trommel sich demnach selbst überlassen, so würde bei starker Neigung der Bahnen das beladene Schiff mit zunehmender Geschwindigkeit herablaufen, und in gleicher Art das unbeladene heraufkommen. Um die Bewegung zu mässigen, befindet sich in der Mitte der Trommel ein grosses Bremsrad *N*. Dasselbe wird theils durch den Rahmen, der es umschliesst, schon gehalten, indem beim Andrücken des Hebels *P* die beiden Bremsklötze *S* gegen den Umfang des Rades wirken. Ausserdem wird hierzu aber auch noch die unter dem Rade angebrachte, ebenfalls mit Holz gefütterte Bremskette, die mittelst des Hebels *T* gespannt wird.

Diese verschiedenen Einrichtungen sind so angebracht, dass der Maschinenwärter, ohne weit herumgehen zu dürfen, alle einzelnen Theile in Bewegung setzen kann. Sobald der aus dem Unterwasser heraufgezogene Wagen sich in der Schleusenkammer befindet, drückt der Wärter mittelst der Kurbel *F* das Schütz herab, welches die Oefnung des Unterthors versieht. Demnächst zieht der im Schiff befindliche Arbeiter das Schütz des Oberthors, öffnet das Thor, so dass die Kammer gefüllt ist, mittelst des Drehbaums, löst das Schütz vom Wagen und schiebt dasselbe ins Oberwasser. Ein beladenes Schiff wird darauf hineingeführt und dieses sowohl, wie ein leerer Wagen auch im Unterwasser ein leeres, auf die Wagen geladen.

Eine Glocke, deren Zug bis zum Unterwasser reicht, giebt das Signal, dass auch dort Alles vorbereitet sei. Hierauf tritt der Maschinenwärter mit dem Fuss auf den Hebel *E* und öffnet dadurch das Schütz *D*, wodurch die Schleusenkammer sich entleert. Sobald dieses geschieht, drückt er den Hebel *P* fest an, um ein Herablaufen des Wagens, sobald derselbe durch das Schiff belastet wird, zu verhindern. Er stellt den Hebel *P* und mit ihm die Bremskette fest, indem er die gezahnte eiserne Stange *Q* einhakt. Darauf windet er mit der Kurbel *F* das grosse Schütz auf, und dadurch die Schleusenkammer mit der geneigten Ebne in Verbindung. Indem die Bahn, welche innerhalb der Schleuse liegt, wenig geneigt ist, so kommt der Wagen, nachdem die Bremse festgestellt worden, nicht früher in Bewegung, als bis diese etwas gelöst wird. Sobald aber der Wagen die Schleuse verlassen hat, wird die Bremse wieder festgestellt, und selbst dieses vermag nicht, dass die Geschwindigkeit zuweilen eine bedenkliche

Größe annimmt. Alsdann tritt der Maschinenwärter auf den *R*, der den Winkelhebel *T* und durch diesen die Bremsen-Wirksamkeit setzt. Hierdurch kann die Bewegung vollständig regelt werden. Die Zeit des Herauf- oder Herablassens eines Wagens beträgt zwischen 2 und 3 Minuten.

Der beladene Wagen verliert, sobald er in das Wasser einen Theil seines Gewichts, und wiewohl der Zug des leeren Wagens bei dessen Eintritt in die Schleuse wegen der geringen Steigung der Bahn auch etwas geringer wird, so kann der erste Wagen nicht so tief herablaufen, daß das Schiff sich abhebt und schwimmt. Sobald man aber das nunmehr davor gespannte Seil anziehen läßt, so schiebt es den Wagen so weit vor, daß die Reibung mit dem Schiff aufhört und das folgende leere Schiff fahren und an demselben befestigt werden kann. Hierdurch wird zugleich der leere Wagen, wenn er nicht vollständig bis in die obere Kammer gekommen sein sollte, vollends hineingezogen. Zu dem Zweck ist indessen noch eine besondere Vorrichtung angebracht, die sich nämlich an der Rolle *L* ein gezahntes Rad befindet, hierin greift ein doppeltes Vorgelege, das mittelst einer Kurbel in Bewegung gesetzt werden kann. Mit Hülfe dieser Kurbel, wenn zugleich einige Arbeiter das große Bremsrad an den Speichen fassen und es drehen, kann man sogar den Wagen mit dem Schiff heraufwinden, falls auch kein beladenes herabgeht. In diesem Fall kommt freilich beim gewöhnlichen Betriebe der Schleuse nicht vor, wohl aber wenn ein Schiff verunglückt ist, und ein neues ersetzt werden muß.

Man hat in gleicher Weise, wie bei der senkrechten Hebevorrichtung auch den Versuch gemacht, die Schiffe schwimmend, aber gleichzeitig mit den gefüllten Schleusenkammern, auf Wagen zu setzen, welche auf schrägen Bahnen die obere Canalstrecke mit den unteren verbinden. Dieses ist beispielsweise auf dem Monkland Canal geschehen, der sich ohnfern Glasgow an den Forth- and Clyde Canal anschließt.

Schon bei der ersten Anlage dieses Canals, im Jahre 1822, hatte der Ingenieur Thomson wegen der vorhandenen sehr großen Niveau-Differenzen dieses System empfohlen. Die Actiengesellschaft entschloß sich aber Anfangs zur Erbauung von 12 Schiffschleusen, wodurch sie den Verkehr mehr ge-
richtete.

Die Erfahrung zeigte indessen bald, daß die Zuflüsse des Canals zur Bewegung dieser Schleusen nicht genügten. Man war daher gezwungen, hiervon wieder abzugehn, worauf Thomson's Plan mit einigen Abänderungen durch Leslie zur Ausführung gebracht wurde. Die Schiffe, welche diesen Canal befahren, haben weit größere Dimensionen, als jene, die in den beweglichen Kammern des Grand-Canals auf- und absteigen. Sie sind 70 Fufs lang und 24 Zoll Englisch breit. Auch das zu überwindende Gewicht ist hier viel bedeutender. Es mißt nämlich nahe 93 Fufs. Die Schleuse, welche den Obercanal mit dem Untercanal verbindet, ist zum Zehnthheil ihrer Länge geneigt, und im Ganzen $83\frac{1}{2}$ Rheinische Ruthen lang. Ihre Länge zwischen beiden Canälen mißt 70 Fufs, sie setzt sich aber noch 70 Fufs in den Untercanal fort, wo die beweglichen Schleusenkammern jedesmal so tief in das Wasser herablaufen, bis der innere und äußere Wasserstand die gleiche Höhe hat.

Obwohl Thomson ursprünglich nur eine bewegliche Schleuse zu errichten beabsichtigte, so hat Leslie doch deren zwei ausgeführt, die sich gegenseitig das Gleichgewicht halten. Hierdurch wird die Darstellung doppelter Anschlüsse, sowohl an den Unter-, als an den Obercanal bedingt, und diese sind dadurch gebildet, daß beide Canäle sich in je zwei Arme spalten. Die beiden obern Arme schliessen sich an eine starke Futtermauer an, die zugleich die geneigte Ebne begrenzt. In der Mündung jedes Canalarms war in der Oeffnung der erwähnten Mauer ist ein einfaches Thorschiebthor angebracht, das um eine horizontale Achse in der Mitte gedreht werden kann, und den Canal abschliesst, sobald er mit der Schleusenkammer verbunden ist. Zur Bewegung dieses Thors ist jedes derselben an einer Seite mit einem gezahnten Rad versehen, der durch eine Schraube gedreht wird.

Auf der geneigten Ebne liegen zwei Geleise von 7 Fufs Breite, welche die gegenüberstehenden obern und untern Canäle mit einander verbinden, und sich bis zu der erforderlichen Höhe in den letztern fortsetzen. Der Abstand beider Geleise von einander beträgt 18 Fufs.

Die auf Rädern ruhenden Schleusenkammern bestehen ganz aus Eisen und sind in gleicher Weise wie eiserne Schiffe aus starken Platten und Eckisen zusammengenietet. An beiden Enden be-

finden sich eiserne Schütze, die an Ketten gehängt und mit gewichten versehen, mittels Kurbeln gehoben und herabgelassen werden. Ein hölzerner Ueberbau von etwa 6 Fuß Höhe steht auf jeder Kammer. Derselbe dient theils zur Befestigung darin befindlichen Schiffe, vorzugsweise aber wird an ihm durch Drahtseilen die Kammer heraufgezogen und herabgelassen.

Damit die Kammer stets die horizontale Stellung behält, ist sie an einem Ende um 7 Fuß höher über der Bahn stehen, als am andern. Dieses ist erreicht durch die verschiedene Höhe der Stützen über den Achsen, sowie der Räder selbst. Sie ruhen auf zehn Achsen oder zwanzig Rädern, davon sind sechzehn von zwei $2\frac{1}{4}$ und zwei $1\frac{1}{2}$ Fuß hoch. Die Räder wie auch die Schienen, worauf sie laufen, sind wie bei Eisenbahnen geformt. Das Gewicht jeder Kammer mit Unterbau und Füllung beträgt 100 Centner.

Die Drahtseile, woran die Kammern aufgezogen und herabgelassen werden, sind 2 Zoll stark. Unter jeder Kammer sind mehrere starke eiserne Hebel in der Art angebracht, daß sie verhindern, daß die Kammer niederfallen und das Herabrollen des Wagens verhindern, das Seil reißt und seine Spannung verliert.

Die aufwärts gehende Schleusenammer hat dasselbe Gewicht wie die abwärts gehende, indem man in beiden gleichen Stand erhält. Hiernach ist eine äußere Kraft erforderlich, um die Bewegung hervorzubringen, sowie um die verschiedenen Reibungen zu überwinden, und um das Uebergewicht des ausgelaufenen Seils auszugleichen. Zu diesem Zweck sind am obern Ende der geneigten Ebne zwei mit einander verbundene Hochdruckmaschinen aufgestellt. Dieselben treiben eine Welle, woran in der Mitte zwischen beiden Geleisen oder beiden Armen des canals ein Getriebe befindet. Dieses greift in ein eisernes Rad von 10 Fuß Durchmesser, und letzteres setzt ein zweites großes Stirnrad in Bewegung. Diese beiden Stirnräder drehen sich daher in entgegengesetzter Richtung. Jedes derselben ist mit einer großen Trommel von 16 Fuß Durchmesser und $3\frac{1}{2}$ Fuß Höhe verbunden. Diese Trommeln liegen zwischen den Schienen-Geleisen, und zwar in solcher Höhe, daß sie noch etwas hinaufreichen, ohne jedoch von den Wagen berührt zu werden. Die Enden der Drahtseile sind an die Trommeln befestigt.

Das eine Seil sich aufwindet, wird das andre in gleichem Maße nachgelassen, und während der eine Wagen ansteigt, geht der andre herab.

Um ein regelmäßiges Aufwinden der Seile zu veranlassen, ist den Trommeln noch eine besondere Führung angebracht, wodurch die Seile bei jeder Umdrehung um 2 Zoll seitwärts geschoben werden und sich daher regelmäßig, und ohne starke Pressung und Reibung aufrollen.

Wur die Bewegung beginnt, steht der eine Wagen so tief im Unterwasser, daß nur der Oberbau und der obere Rand der Schleuse darüber hervorragt. Unter dem mit Gegengewichten versehenen Schütz fährt das Schiff in die Schleuse ein. Der andre Wagen dagegen ist unmittelbar an die Mauer geschoben, welche den Untercanal begrenzt, und nachdem das Schiff, das herabgefahren ist, herabgebracht und das Schütz, so wie auch das Thor des Canals geschlossen ist, setzt man die Dampfmaschinen in Gang. Die Pleistolen nehmen nach und nach, wie das eine Seil sich weiter auswindet und das andre sich verkürzt, eine schnellere Bewegung an, eine zu starke Beschleunigung gegen das Ende des Wegs durch die vorsichtige Behandlung der Dampfmaschine verhindert werden. In fünf Minuten ist der erste Wagen bis an den Obercanal aufgestiegen, während der zweite in den Untercanal herabgefahren ist. Ueber Letztern ist nichts zu erwähnen, aber der erste muß so gestellt werden, daß zwischen der auf ihm ruhenden Pleistolenkammer und der Stirn der Canalmauer ein möglichst dichter Verschluss sich bildet. Zu diesem Zweck ist auf dem Boden der Kammer ein Flechtwerk von getheerten Tauen befestigt, gegen welches aber noch durch eine kräftige Winde scharf gegen die Mauer gepreßt. Ein gewisser Wasserverlust ist hierbei unvermeidlich, da wenigstens der Raum zwischen dem Schütz der Kammer und dem Thor des Canals jedesmal gefüllt und entleert werden muß. Doch auch dieses Wasser läßt man nicht unbenutzt abfließen, es fängt es vielmehr in einem möglichst hoch aufgestellten Reservoir auf, und in der Zwischenzeit, daß die Dampfmaschine zur Bewegung der Schleusenkammern nicht benutzt wird, pumpt sie das gefangene Wasser wieder in den Obercanal zurück.*)

Geneigte Ebenen, auf deren Wagen unmittelbar größere Canalschiffe gestellt werden, kann man nach zwei wesentlich verschiedenen Systemen anordnen. Die Ebenen setzen sich nämlich entweder mit constantem Gefälle von dem Untercanal bis zu dem Obercanal fort, wobei sie aber nicht unmittelbar in den letztern, sondern eine mit diesem verbundene Schleusenammer eintreten, die abwechselnd mit Wasser gefüllt und geleert wird, — oder zwischen beiden Canälen befindet sich ein erhöhter Rücken, der von den Wagen mit den Schiffen überstiegen werden muß.

Die letzte Anordnung gewährt den wesentlichen Vortheil, daß jeder Wasserverlust zum Füllen der Schleuse aus dem Obercanal vermieden, außerdem auch die Schleuse entbehrt ihrer Benutzung überdies einige Zeit in Anspruch nimmt. Gegen tritt hierbei der Uebelstand ein, daß der Wagen, der das Schiff trägt, insofern er den Scheitel übersteigen muß, nothwendig nur auf zwei Achsen ruhen darf. Wenn jede derselben so wie bei achträdrigen Eisenbahnwagen auf einem besondern vierträdrigen Gestell liegt, das wieder von zwei Achsen getragen wird, so lassen sich dabei dennoch nicht mehr als acht Räder anbringen, die eben so wie die Schienen, auf welchen sie laufen, zu sehr in Anspruch genommen würden, wenn man die größten beladenen Flussschiffe darauf stellen wollte. Bei der gleichmäßigen Neigung der Bahnen im ersten Fall hindert dagegen nichts, die Last auf eine beliebige Anzahl von Achsen und Rädern unter dem Wagen zu vertheilen. Hiernach darf, wie die bisherigen Erfahrungen bestätigen, die geneigte Ebne mit dem Scheitel nur geneigt werden, wenn das Gewicht der Schiffe und ihrer Ladungen eine gewisse Grenze nicht übersteigt.

Es fehlt freilich nicht an Vorschlägen, mit Wagen von beträchtlicher Anzahl der Räder die Scheitel zu passiren, doch sind, soviel bekannt, bisher noch nie versucht, auch dürften manche wesentliche Uebelstände nicht zu umgehen sein. Hier gehört zunächst der Vorschlag, die Schiffe, während sie nach der Quere gestellt sind, die Ebenen passiren zu lassen. In diesem Fall würden aber für jeden Wagen nicht zwei Schienenstrassen nügen, sondern die Anzahl derselben müßte dem Gewicht und Länge des Schiffs entsprechend vermehrt werden. Dies würde also bedeutend kostbarer, und dieses um so mehr, je

Ebne eine viel grössere Breite erhalten müßte. Ein andrer Vorschlag wäre, daß bei der großen Breite und geringen Länge des Wagens eine einfache Zugkette kaum genügen dürfte, um die schräge Stellung und sonach das Entgleisen des Wagens zu verhindern. Wollte man nun vollends, wie doch jedesmal geschieht, einen Wagen herablassen, während gleichzeitig ein zweiter aufsteigt, so müßte die geneigte Ebne, die doch immer künstlich erhalten oder durch Abgrabung dargestellt wird, eine überaus große Breite erhalten.

Ein andrer Vorschlag geht dahin, das Schiff in seiner Längsrichtung bei constantem Gefälle bis zu solcher Höhe über den Canal ansteigen zu lassen, daß es auf einem zweiten, von dem ersten seitwärts abgehenden Geleise wieder bei demselben Niveau in ein Bassin herabgelassen werden kann, das mit dem ersten Canal in Verbindung steht. Zur Ueberführung in das zweite Bassin müßte entweder eine Drehscheibe oder eine Weiche verwendet werden. Die Vertheilung der Last auf eine beliebige Anzahl von Rädern wäre dabei freilich zulässig, insofern der Druck auf dem einen, wie auf dem andern Geleise, mit Einschluß der Drehscheibe und der Weiche stets dasselbe Gefälle verfolgt. Obgleich indessen sehr fraglich, ob die Drehscheibe, welche ein so beladenes Flussschiff trägt und dabei nicht horizontal steht, sondern stark geneigt ist, überhaupt bewegt werden kann, oder ob die zahlreichen, hinter einander laufenden Räder dem starren Seitendruck beim Passiren der Weiche widerstehn und nicht so starke Reibung erfahren werden, daß die Bewegung dadurch verhindert wird. Jedenfalls müßten die Curven der Weiche möglichst flach gewählt werden, da aber ihre Neigung dieselbe, wie in der geraden Strecke sein soll, so würde das Schiff weit über das Niveau des Obercanals gehoben werden müssen. Hierzu kommt noch, daß von der wesentlichen Erleichterung des Verkehrs durch gleichzeitige Beförderung zweier Schiffe, von denen das eine zu Berg und das andre zu Thal geht, ganz abgesehn werden muß. Letzteres wäre nothwendig, weil bei einer festen Verbindung der beiden Wagen mit einander der untre, nachdem er oben unter Wasser steht, wieder eine kurze Strecke hinausgehn müßte, oder das gleichzeitige Einstellen und Ausfahren beider Wagen in und aus dem Wagen unmöglich bliebe.

Bei langen Schiffen, namentlich wenn sie beladen sind, nur wenig freie Bordhöhe haben, ist es nothwendig, sie durch Änderung ihrer Neigung, also horizontal aus dem Wasser zu heben, und sie ebenso auch später wieder eintauchen zu lassen. Dieses ist leicht zu erreichen, wenn die geneigte Ebne einen Scheitel hat, also mit constanter Neigung bis in jene Schleuse steigt. Auch wenn ein Scheitel vorhanden ist, oder die Ebne diesem nach beiden Seiten abfällt, läßt sich die Bedingung erfüllen, insofern die vordern und hintern Räder auf verschiedene Schienen laufen. Man könnte sogar, wie Fig. 363 auf Tafel 1 zeigt, das Schiff, ohne daß es seine Neigung ändert, von Oberwasser bis zum Unterwasser führen, doch ist dies nicht entbehrlich, da die schräge Stellung ohne Nachtheil ist, bald das Schiff sich über Wasser befindet. Es genügt daher an den beiden untern Enden der Bahn die Nebenschienen zu bringen, auf welche die vordern oder hintern Räder sich stellen, um die horizontale Richtung dem Schiffe zu geben; welcher Weise dieses geschieht, wird im Folgenden gezeigt werden. Wenn aber der Wagen auf mehr, als auf zwei Hauptachsen, auf mehr als acht Rädern hinter einander ruht, so genügt nicht mehr ein zweiter Strang, sondern die Anzahl derselben muß mit derjenigen der Hauptachsen gleich sein, und dieses wäre ein Grund, bei geneigten Ebenen, die von großen Schiffen benutzt werden, keinen Scheitel, vielmehr am obern Ende jene Schiene anzubringen. Alsdann wird das constante Gefälle auf dem ganzen Wege erhalten, und man bedarf nur eines einzelnen Geleises.

Zunächst mag eine geneigte Ebne dieser letzten Art, die nicht über den Spiegel des Ober-Canals ansteigt, beschrieben werden. Sie befindet sich auf dem Morris-Canal in den vereinigten Staaten Nord-America's. Dieser Canal dient vorzugsweise zum Transport der Anthracit-Kohlen, die den Lehigh-Fluss herkommen. Der Lehigh ist mittelst 29 Schleusen schiffbar gemacht worden, wird von ziemlich großen Schiffen befahren. Bei Easton mündet er in den Delaware, und wenn letzterer auch weiter aufwärts dem Hudson in schiffbarer Verbindung steht, so war dieser Weg doch zu bedeutend, als daß die Kohlen auf demselben noch mit Vortheil nach New-York gebracht werden konnten. Dieser Um-

Erbauung des in Rede stehenden Canals in den Jahren 1825 bis 1831 Veranlassung. Er mündete ursprünglich nicht New-York über in den Hudson, sondern weiter südwärts, man hat ihn später bis Jersey-City verlängert. In den Delaware mündet er in Philippsborg, Easton gegenüber. Von hier aus steigt er 1627 Fufs bis zur Wasserscheide, und fällt auf der andern Seite 1627 Fufs herab. Sein ganzes Gefälle beträgt daher 1627 Fufs. Es werden 1399 Fufs durch drei und zwanzig geneigte Ebenen und 228 Fufs durch fünf und zwanzig gewöhnliche Schiffschleusen abgefallen. Seine Länge misst nahe 22 deutsche Meilen und er ist gespeist durch den Hopatcong-See, der bei einer Ausdehnung von nahe 2 deutschen Quadratmeilen hinreichende Zuflüsse zu haben schien, so dafs die Rücksicht auf Beschränkung des Wasserstandes nicht Veranlassung zur Wahl der geneigten Ebenen war.

Die geneigten Ebenen sind verschiedenartig eingerichtet, indem der Theil nur einfache, theils aber und namentlich bei gröfserer Ausdehnung doppelte Geleise haben. Ihre Höhen wechseln zwischen 35 und 97 Fufs. Dagegen stimmen ihre relativen Gefälle ziemlich nahe überein, und betragen bei allen nicht über ein Zehntel und nicht unter ein Zwölftel der Länge. Die Verschiedenheit in ihrer Anordnung ist in neuerer Zeit beim Umbau derselben noch gröfser geworden.

Chevalier*) beschreibt die mit zwei Geleisen versehene Ebne bei Philippsburg, wie er sie 1835 sah. Sie ist die gröfste von allen, indem ihre Höhe 97 Fufs beträgt. Ihre Länge misst 89 Ruft, sie ist daher nahe mit 11facher Anlage geneigt. Fig. 360 a zeigt den obern Theil derselben mit den beiden Schleusenammern, die sie mit dem Obercanal verbinden. Die eine der Kammern ist leer, und die andre gefüllt gezeichnet. In Fig. 360 b sieht man den Längendurchschnitt der ersten und in c den der zweiten Ebne. Endlich stellt Fig. 361 in a und b noch das untere Ende der Ebne und einen Wagen dar, dessen vordere Ansicht Fig. 361 c gezeichnet ist.

Die Schiffe, welche den Canal befahren, haben nur mäßige Ladungen, ursprünglich trugen sie nicht mehr als 500 Centner.

*) *Histoire et description des voies de communication aux Etats-Unis.* II. pag. 476.

später hat man durch Erweiterung der Schleusen ihre Fähigkeit auf 700 Centner gebracht, und wie es scheint, ist in neuester Zeit damit noch weiter gegangen. Nach Chevallier sind die Schleusen $10\frac{1}{2}$ Fuß weit, im Ganzen 76 Fuß lang, die Schleusen dagegen 10 Fuß breit und 60 Fuß lang. Indem diese Schleusen fahren der geneigten Ebenen auf Wagen stehn, und letztere in die Schleusen kommen, so müssen die Unterhüupter und Kammern derselben angemessen erweitert sein. Die Wagen haben Räder von gleicher Höhe, wie achträdrige Eisenbahnwagen; zwei Achsen liegen ziemlich nahe zusammen und sind durch ein besonderes Gestell oder einen Schemel verbunden, der in der Mitte die Hauptachse und auf dieser den Rahmen trägt, auf dem das Schiff gestellt wird. Man erreicht hierdurch den Vortheil, daß die Last sich auf beide Achsen jedes Schemels, oder auf vier Räder gleichmäßig vertheilt. Der Rahmen, aus mehreren starken Langschwellen bestehend, ist, wie Fig. 361 zeigt, auf jeder Seite mit einem Hängewerk versehen. Auf die Unterstützungspunkte über den Schemeln sind vier Säulen gestellt, welche die Enden der Hängewerke tragen. Die Hängesäulen der letztern unterstützen die Mitte des Rahmens, und von den äußern Enden der beiderseitigen Wände reichen noch eiserne Zugstangen herab. Diese verbinden drei Riegel die beiderseitigen Hängewände, und sind so hoch gelegt, daß die Schiffe darunter fortfahren können während sie auf die Wagen gestellt, oder davon entfernt werden.

In der Mitte des Bodens jeder Schleuse befindet sich eine Bohle *A*, hieran sind die beiden Enden einer langen Kette befestigt, die über drei eiserne Rollen läuft, von denen eine zwischen beiden Schleusen liegt, und die beiden andern an den wärts gekehrten Enden der Wagen sich befinden. Sobald die Kette beim Herabgehn eines Wagens über ein Geleise sich hinzieht, ziehet sie sich auf Leitrollen auf. Die Figuren 360 und 361 zeigen die Kette. Die Bewegung wird derselben ertheilt durch die Treibrolle. Diese hat eine schräge Lage, hält 8 Fuß im Durchmesser und befindet sich unter den beiden Schleusenböden. Ein gezahntes Rad ist daran angegossen, und dieses wird durch die Verbindungsräder von dem großen Wasserrade *B* in Bewegung gesetzt. Letzteres ist halbechtlächtig und wird vom Wasser des canals getrieben. Die Verbindung mit der Treibrolle ist

gerichtet, daß zwei konische Räder an einer gemeinsamen Achse in das erste konische Rad eingestellt werden. Auf diese Art ist die Treibrolle beliebig in einer oder in zwei Richtungen zu bewegen, obwohl das Wasserrad stets in demselben Sinne sich dreht.

Der Raum, worin das Räderwerk sich befindet, darf nicht in Verbindung mit den Schleusenkammern stehen, weil sonst der Wasserstand beim jedesmaligen Füllen einer Schleuse zu groß würde. Die Thore äussert sich nicht über die hier vorgesehene Dichtungswahrscheinlich durch Stopfbüchsen bewirkt war, durch welche die Kette beim Durchgange durch den Boden lief. Die Kette hatte die Stärke von 8½ Linien, und man muß annehmen, daß sie aus besonders geformten Gliedern bestand, die von Eisen sicher gefaßt wurden.

Die Schleusen, aus Holz erbaut, liegen unmittelbar neben dem Kanal. Ihre Unterthore bestehen aus einzelnen Flügeln, die sich um horizontale Achsen drehn. Wenn sie geschlossen sind, stehen sie, wie Fig. 360c zeigt, nicht senkrecht, sondern hängen nach der Aussen, indem die Falze in den Seitenwänden, wogegen sie geschlossen, diese Richtung haben. Dabei bedarf es keiner besonderen Vorrichtung, um sie zu öffnen, vielmehr schlagen sie von selbst ab, sobald der Wasserstand in der Kammer sich senkt. Die Thore schliessen sich indessen nicht ganz auf den Boden und indem sie auf der Rückseite mit Schienen versehen sind, so schliessen sich die beiderseitigen Geleise an. An den obern Seiten werden die Schleusen durch Schütze geschlossen, die aber, wenn sie geöffnet werden sollen, sich nicht heben, sondern senken, damit die Thore darüber fortgehen können. Jedes dieser Schütze ist an der Aussen zugekehrten Seite mit zwei eisernen gezahnten Stangen versehen, und in diese greifen zwei Getriebe an einer gemeinsamen Achse. Diese Getriebe werden durch ein zweites, kleines Wasserrad D in Bewegung gesetzt (Fig. 360a). Indem aber die Schütze ganz unabhängig von einander bewegt, und zwar theils gehoben, theils gesenkt werden müssen, so genügt hier nicht ein einziges Wasserrad gewählte Einrichtung, vielmehr mußte jedes Thore Wasserrad in entgegengesetzten Richtungen gedreht werden können. Es besteht daher aus zwei mit einander verbundenen Wasserrädern.

denen überschlächtigen Rädern, deren Zellen entgegengesetzt gestellt sind.

An den untern Enden der Kammerböden befindet sich einmal eine große Oeffnung, die zu einem darunter befindlichen führt. Letzterer verbindet sich mit dem Untergraben der Wasserräder und ergießt sich mit starkem Gefälle in den canal, oder wird, wenn dieser einer solchen Speisung nicht anderweitig abgeführt. Jene Oeffnungen im Kammerboden sind durch horizontale Schütze geschlossen, und die damit verbundenen Zugstangen, die flach auf den Schleusenböden liegen, sind an kantig gestellte Bohlen *E* befestigt. Außerdem greifen die Ketten *F* ein, welche um jene bereits erwähnten Achsen gezogen sind, durch welche die großen Schütze gezogen werden den Verschluss der Oberhäupter bilden. Diese Ketten sind so gegliedert, daß sobald die Schütze beinahe den höchsten Streich erreicht haben, also die Verbindung mit dem Oberwasser an sie alsdann das horizontale Schütz am Boden der Schleuse anziehn.

Die Kammer sei leer, das Schütz sei gehoben, bilde den Abschluss gegen das Oberwasser, während das Unterthor geschlossen und unter demselben die Oeffnung frei ist, durch welche die Kammer sich entleert hat. Die sämtlichen Theile befinden sich dann in derjenigen Stellung, welche Fig. 360 *b* zeigt, und die Kammer ist zur Aufnahme des Wagens bereit. Derselbe fährt über das herabgeschlagene Unterthor von der geneigten Ebene in die Kammer und nachdem dieses geschehn, setzt der Wärter das kleinere Wasserrad in der Art in Bewegung, daß die Getriebe *C* die Zugstangen am Schütz und mit dieser das Schütz selbst herabdrücken. Die um die Achse des Getriebes geschlungene Kette wird abgewunden, wodurch jedoch der Schieber am Boden der Schleusenkammer, der das horizontale Schütz bewegt, noch nicht bewegt wird. Dagegen fängt das Oberwasser bald an, über das Schütz sich in die Schleusenkammer zu ergießen, und indem es auf dem stark geneigten Boden derselben hinströmt (dessen Neigung bedeutend steiler, als die der Bahn ist, wie Fig. 361 *a* zeigt), so stößt es theils gegen die hochkantige Bohle *E*, welche mit dem Schieber verbunden ist, theils aber bedeckt es auch die Oeffnung, indem die Oeffnung nicht groß genug ist, den immer stehenden Wasserdruck zu überwinden.

abzuführen. Hierdurch vermindert sich das Gewicht des Thors, und indem es durch das umgebende Wasser bald ganz gehoben wird, so verschwindet auch die Reibung, die den Thors Anfangs verhinderte, dem Stofs des Wassers zu folgen. Der Schieber kommt daher plötzlich in Bewegung und schliesst die Kammer. Das Wasser, welches noch der Oeffnung zuströmt, übt, da der Ausweg plötzlich geschlossen ist, rings umher einen gleichmässigen Seitendruck aus, und stösst das Unterthor auf. Wie das Thor sich hebt, sammelt das Wasser davor sich noch stärker an, und drängt das Thor soweit zurück, dafs das Unterhaupt vollständig aus dem Wasser herausgehoben wird.

Alle beweglichen Theile der Kammer befinden sich alsdann in der Stellung, welche Fig. 360 c zeigt. Das Schiff, welches vorher auf dem Wagen stand, wird durch das steigende Wasser gehoben, und indem es frei über dem Wagen schwimmt, kann es leicht in das Oberwasser gezogen, und durch ein andres ersetzt werden.

Sobald dieses geschehn ist, setzt der Wärter wieder das Räderwerk *D* in Bewegung, indem er aber jetzt das zweite Schütz am Rade öffnet, und das Wasser in den andern Zellenkranz des Rades einströmen läfst, so wird das Getriebe *C* in entgegengesetzter Richtung gedreht, also das Schütz vor der Schleusen-Oeffnung gehoben. Anfangs wird hierdurch keine weitere Aenderung in der Stellung der beweglichen Theile, oder des Wasserstandes in der Kammer veranlaßt. Sobald aber das Schütz das Niveau des Ober-Canales beinahe erreicht hat, so wird durch das Getriebe *C* die Kette *F* angezogen, und indem der Schieber am Ende der Schleusenkammer zurückweicht, wird die Abflufs-Oeffnung freigegeben, und nunmehr entleert sich die Kammer. Dadurch verliert das Unterthor seine Unterstützung und fällt flach nieder, wodurch die Eisenbahn in der Kammer mit der auf der geneigten Ebene in Verbindung gesetzt wird. Der Wagen, auf welchen das Schiff bereits aufgestellt hat, kann alsdann herabgelassen werden.

Diese Anordnung entspricht wahrscheinlich den dortigen Bedingungen, welche eine rasche Förderung der Schiffe, und zugleich die grösste Ersparung an Menschenkraft fordern. Nichts desto weniger dürfte doch immer ein starker Wasserverlust bei jedem

Durchgange eines Schiffes eintreten, auch erwähnt Chevall vielfache Beschädigungen der Anlage vorkommen.

Ueber die Bewegung der Wagen auf den geneigten muß noch Einiges hinzugesetzt werden. Wenn ein beladener die Ebne herabfährt, so bildet dasselbe bei der starken Neigung der letztern ohne Zweifel schon hinreichendes Uebergewicht den andern Wagen mit einem leeren Schiffe hinaufzuziehen. Fall kommt indessen nur bei den zwölf geneigten Ebenen des östlichen Abhanges vor, wogegen auf den elf Ebenen des westlichen Abhanges stets die beladenen Schiffe aus dem Thal des D hinansteigen, und die leeren herabgehn. Es muß daher in diesem Fall nothwendig eine äußere Kraft angewendet werden, um den ersten heraufzuwinden. Dieses geschieht mittelst des großen schlächtigen Wasserrades *B*, welches die Treibrolle in beiden Schleusenammern sowohl rechts, als links dreht, je nachdem das eine, oder das andre der beiden an der gemeinsamen Achse befindlichen conischen Getriebe in das conische Rad der Treibrolle eingreifen läßt.

Gegen das Ende der Bewegung tritt der herabgehende Wagen und mit ihm das darauf stehende Schiff in das Unterwasser, dadurch wird sein Uebergewicht aufgehoben. Andererseits ist die Neigung der Bahn in der Schleusenammer noch geringer, als der Ebne, daher bedarf es nur eines schwächern Zuges, um den ansteigenden Wagen vollends an das Ende des Schienenstrahles zu ziehn. Jedenfalls bietet das Wasserrad hierzu Gelegenheit. In der That verhält es sich dagegen mit dem herabgehenden Wagen, wie mit dem ansteigenden. Der ganze Apparat bisher beschrieben, ist derselbe nicht anders, als wenn dieser Wagen bis zu solcher Tiefe in das Wasser herabgelassen wird, daß das darauf stehende Schiff gehoben würde, und leicht weiter gezogen werden könnte. Bei dem größern Gewichte der Wagen und der Schiffe ist es auch nicht leicht, durch eine andre Kraft, als etwa durch ein Pferd den Wagen noch weiter zu ziehn zu können, nachdem er bereits vollständig zur Ruhe gekommen ist. Zur Beseitigung dieses Uebelstandes ist eine Vorrichtung gewöhnlich angegeben, welche bereits Fulton im Jahre 1796 angegeben hatte. Man zieht nämlich die beiden Wagen noch durch ein zweites Seil oder eine zweite Kette, die über eine Rolle am Fuß der geneigten Bahn geschlungen ist. Alsdann zieht der heraufsteigende W

Kette den herabgehenden tiefer in das Wasser hinein, wenn nicht des letztern auch schon beinahe vollständig durch den des Wassers aufgehoben ist, und zur Ueberwindung der Reibung mehr genügt.

Bevalier erwähnt, daß diese zweite oder die Hinterkette beinahe schwächer, und nur aus halbzölligen Stäben geschmiedet ist, aber nicht in der Mittellinie der Wagen, vielmehr an der Seitenwand befestigt, und zwar an derjenigen, welche nach vorn Geleise zugekehrt ist. In Fig. 361 bemerkt man diese Kette nebst der Rolle, um welche sie geschlungen, und der Rüstung, die letztere trägt. Die Befestigung der Kette zur Seite des Wagens ist augenscheinlich nur gewählt, um die Rolle nebst der zugehörigen Rüstung, nicht vor die Wagen treten zu lassen, wodurch das Aus- und Einfahren der Schiffe behindert wäre.

Bevalier theilt in Betreff der Dauer des Ueberganges eines Schiffes noch mit, daß einschließlic des Befestigens und Lösens eines Schiffes an den Wagen, bei einer geneigten Ebne, deren Gefälle 1:10 betrug, an einem Tage siebenundneunzig solche Uebergänge stattgefunden haben, und noch mehr Schiffe hätten befördert werden können, wenn solche davor gelegen hätten.

Bald nach Beendigung des Morris-Canals sollten im Staat New-York Canäle am Genesee und Black-River erbaut werden, und entstand die Frage, ob man dabei geneigte Ebenen oder gewöhnliche Schleusen wählen sollte. Es wurde daher 1836 eine Commission nach dem ersten Canal geschickt, um über den Betrieb auf geneigten Ebenen sich gutachtlich zu äußern. In dem darüber erstatteten Bericht wurde zuerst auf die wesentliche Verschiedenheit zwischen dem Morris-Canal und den in Aussicht stehenden hingewiesen. Jener hatte viel geringere Tiefe und Breite und die Schiffe konnten auf ihm nur halb so viel, als sie hier laden sollten. Die gewählte Ladungsfähigkeit sei aber die äußerste Grenze für Schiffe, die ohne Beschädigung aus dem Wasser gehoben werden könnten, namentlich wenn die Güter sich nicht in sich selbst fest lagern, wie Kohlen, und vielmehr auf die Seitenwände einen erheblichen Druck ansüben. Ein solcher würde die feste Verbindung des Schiffes beeinträchtigen, sobald der Gegendruck des Wassers abhört. Die Commission sprach sich daher für gewöhnliche Schleusen aus, obwohl sie unter Umständen die geneigten Ebenen

es sehr vortheilhaft für den Verkehr und zur Erreichung vol-
ler Frachten dienlich erklärte.

Die geneigten Ebenen des Morris-Canals haben indessen
in der Zeit wesentliche Veränderungen erfahren, wodurch man-
che Unstände beseitigt sind, und der Betrieb größere Sicherheit
erhielt. Die Verbesserungen mögen hier nur kurz angedeu-
tet werden.

Die wichtigste Aenderung bezog sich wohl darauf, daß
an den größern Ebenen, die Kammerschleuse im Anschluß an
andere Strecken beseitigt und dafür ein Scheitel eingeführt w-
urde, von welchem aus geneigte Ebenen bis unter die beiderseitigen Ca-
nalschleusen herabgeführt sind. Sodann vertauschte man die K-
ammern mit Drahtseilen, und diese wurden durch Trommeln angezo-
gen, welche sie mehrfach umgeschlungen waren, um nicht darübe-
r zu gehen. Zur Bewegung der Trommeln diente wieder das Wa-
sser, und um dieses möglichst vortheilhaft zu benutzen, mußte das Ge-
fälle vom Ober- bis zum Unter-Canal verwendet werden.
Die Maschine konnte sonach nicht über den Scheitel gestellt, son-
dern mußte an eine tiefe Stelle verlegt werden, wo das verwendete
Wasser freien Abfluß fand, während es in hohen Gerinne
verfloss. Die Gefälle waren meist zu groß, als daß
man Mühlräder anwenden konnte, man wählte daher andre
Art, wie Reactions- oder Segner'sche Maschinen.

Die Drahtseile waren an die stromabwärts gekehrten
Wagen befestigt. An den andern Seiten derselben setzte
man sie fort und waren hier über eine in der Sohle des
Canals versenkte Scheibe geführt. Fig. 362 zeigt diese Anord-
nung in der Draufsicht und *b* im Längenprofil. Nach der durch die
Trommel *A* gereichten Trommel werden die Seile über zwei Leit-
rollen geführt, sind wenn die Maschine etwa bei *C* aufgestellt
ist. Drei solche erforderlich, wie die punktirten Linien

zeigen. Wenn ein wasserfreier Scheitel eingeführt wurde, von we-
lchem aus geneigten Ebenen nach beiden Seiten abfielen, so neigt
sich der Wagen, wenn er auf demselben Geleise blieb, bald
nach vorn, bald nach hinten. Indem die Bahnen an beiden
Enden solche Neigungen erhielten, liefs sich zwar das Eint-
reten von Unfällen vermeiden, aber die Ladungsfähigkeit wurde

noch beschränkt, oder man mußte die Seitenwände am vordern und Hintertheil höher ansteigen lassen, als ohne dieses gewesen wäre, und die Schiffe wären hierdurch wieder zum Theil ihrer Tragfähigkeit ansehnlich beschwert worden. Man hat daher doppelte Geleise, von denen das eine soweit über das vordere Ende trat, als das Gefälle zwischen den vordern und hintern Enden des Wagens betrug. Es mußten alsdann aber auch Räder mit zwei Reifen benutzt werden, von denen die zweiten in der hinteren Canäle auf andere und zwar auf höhere Schienen

geneigte Ebenen, die mit Scheiteln versehen sind, also nach beiden Seiten abfallen, kamen in England schon am Ende des 17ten Jahrhunderts am Shropshire-Canal zur Ausführung. Dieser beginnt ohnfern Oaken-Gates im Kirchspiel Lilliskall und mündet in die Severn bei Coals-Port unterhalb Coalbrook-Dale. Er ist etwa 1,6 deutsche Meilen lang und fällt 395 Rheinl. Fuß. Er besteht aus drei geneigten Ebenen, von denen die eine bei Hay 201 Fuß hoch ist, und vermittelt dieses Gefälle. Sie sind sämmtlich mit je zwei Geleisen versehen, so daß auf ihnen immer gleichzeitig ein Schiff herab- und ein leeres heraufgeht. Die ganze Anlage ist der Geleise, Wagen und Betriebsmaschinen ist denjenigen ähnlich, die den Verkehr nach dem in der Nähe belegenen Hütten-Orte Hestley vermitteln, und die oben beschrieben sind (Fig. 359). Um man aber um den Wasserverlust zu vermeiden, und um den Bau der Schleuse zu umgehen, wehrartige Rücken angebracht, die sich bis über das Oberwasser erheben, wobei die Geleise sich über den Scheitel nach der andern Seite und zwar gegen das entgegengesetzte Gefälle fortsetzen.

Die Maschine ist ziemlich dieselbe geblieben, nur sind die Rollen *L* (Fig. 359 a) bedeutend von der Trommel *M* und dem Ende entfernt, und zwischen beiden befindet sich der Scheitel der Rücken, in welchem die beiden geneigten Ebenen zusammenstoßen. Auf diese Weise kann das Tau den Wagen bis über den Scheitel hinüberziehen. Soll der Wagen aber umgekehrt vom Oberwasser aus auf den Rücken gezogen werden, so geschieht dieses durch ein andres Tanes, welches unmittelbar mit der Trommel verbunden ist. Bei dieser Anordnung bildet die Ladung des herabgehenden Schiffes keineswegs fortwährend ein genügendes Ueber-

gewicht, wodurch beide Wagen in Bewegung gesetzt werden. Anfangs müssen nämlich beide Wagen ansteigen, bis der eine über den Rücken herüber gezogen ist. Hierzu ist eine große Kraft erforderlich, und diese wird von der Dampfmaschine geübt, die in den Zwischenzeiten die obere Canalhaltung Wasser versorgt, beim Beginn der Ueberführung von Schiffen die Trommel *M* in einer oder der andern Richtung dreht, und Uebergewicht sich darstellt, und alsdann das Bremsrad zur Einstellung der Bewegung genügt.

Der Rücken, in welchem die beiden geneigten Ebenen zusammenstoßen, liegt 1 Fuß über dem Oberwasser, daher die diesem kehrte Ebene nur eine geringe Ausdehnung hat. Nichts desto weniger würde der Wagen, indem er sich auf derselben befindet, eine sehr starke Neigung gegen den Horizont annehmen, was für die Schiffe, während sie aus dem Wasser gehoben, oder in denselben herabgeführt werden, leicht schöpfen und wenn sie beladen versinken könnten. Um dieses zu verhindern, hat man die Achse des Wagens, woran die beiden niedrigen Räder sich befinden, seitwärts verlängert, und darauf noch zwei andre Räder aufgestellt, die während der Fahrt auf der längern Ebene frei schweben und keine Schienen berühren. Sobald der Wagen dagegen auf eine kürzere geneigte Ebene kommt, so stellen sich diese äußern Räder auf ein zweites Geleise auf, das höher als das innere liegt, dann schweben die innern Räder frei, während die Räder der andern Achse noch auf dem innern Geleise laufen. Auf die Weise behält der Boden des Wagens, worauf das Schiff steht, beständig die horizontale Richtung, und die Gefahr, das letzteres zu schöpfen möchte, ist vollständig beseitigt.

Wenn man später diese Anordnung der geneigten Ebenen im Allgemeinen beibehalten hat, so dürfte es sich doch empfehlen, hier noch eine detaillirte Beschreibung solcher folgen zu lassen. Dieselben sind auf einem Canal zur Ausführung gekommen, der die ausgedehnte und hochgelegene Seen-Kette im südlichen Theil des Königsberger Regierungs-Bezirktes mit dem Elbischen Hafen verbindet.

§. 78.

Der Oberländische Canal.

Ich zur Beschreibung der geneigten Ebenen auf diesem Lande, müssen die eigenthümlichen Verhältnisse kurz erwähnt werden.

Nähe von Preussisch-Holland erhebt sich eine Anhöhe aus der Niederung, von der sie auf der nördlichen Seite begrenzt wird. Diese Höhe setzt sich in östlicher Richtung durch den Königsberger und selbst den Gumbinner Bezirk fort, und bildet ein Plateau, das durchschnittlich 100 Fuß über dem Spiegel der Ostsee liegt. Dieser höhere Theil heisst in dortiger Gegend das Oberland. Im östlichen Theil, in Masuren, besteht der Boden grossentheils aus Sand, während derselbe im Königsberger Bezirk vielfach höher ist. Dieses hohe Plateau, das ohne irgend welche Felsbildung zu zeigen, nur aus aufgeschwemmten Boden besteht, zeichnet sich noch besonders dadurch aus, daß eine große Anzahl Seen darin liegt, die zum Theil durch natürliche Kanäle mit einander verbunden sind.

Vor 50 Jahren beabsichtigte die Regierung, durch Canäle darzustellen, wodurch theils das Holz aus den weitläufigen Wäldungen und theils das hier gewonnene Getreide zu Küste zugeführt werden konnte. Im Jahre 1824 war eine Untersuchung beschäftigt, in welcher Weise die Masuren mit dem Pregel durch die Alle in schiffbare Verbindung werden könnten. Eine Verbindung derselben mit der Ostsee bestand zwar, doch verfolgte diese den Pisch-Fluss und wurde, da sie durch russisches Gebiet sich hinzog, nicht benutzt. Unter damaligen Verhältnissen erschien eine Canal-Verbindung wegen der großen Kosten unthunlich und ist auch bis jetzt unterblieben, wenn gleich in der neuesten Zeit ein ähnliches Project, nämlich die Verbindung dieser Masuren mit dem Pregel durch die Angerapp aufs Neue bearbeitet

worden. Im westlichen Theile dieses Plateaus oder dem sogen-

nannten Oberlande ist dagegen in den Jahren 1845 bis 1847 der Elbing-Oberländische oder Oberländische Canal geführt. Der Elbing-Fluss stellt für kleinere Fahrzeuge die bare Verbindung zwischen dem Drausen-See und dem Haff dar. In diesem See beginnt der in Rede stehende Canal, indem er ungefähr dem Kleppe-Fluss folgt, der den lichen Abfluss aus dem Pinnau-See bildet, (derselbe liegt in der Mitte der Verbindungslinie zwischen Pr.-Holland und Saal) zum Spiegel dieses Sees und zugleich bis zur Scheitelhöhe 317 Fufs an. Der grösste Theil dieses Gefälles, nämlich 170 Fufs fällt aber auf eine Strecke die noch keine deutsche Meile beträgt.

Als der jetzige Baurath Steenke im Jahr 1837 den Auftrag erhielt, das Project zu diesem Canal zu entwerfen, stand daſs mittelst gewöhnlicher Schiffschleusen eine solche Nivellirung in einer so kurzen Canalstrecke nicht ausgeglichen werden könne.

Als passendstes Auskunftsmittel zur Ueberwindung dieser Schwierigkeit wählte er daher eine ähnliche Anordnung, welche dem Patent Slip von Morton zum Grunde liegt, daſs die Schiffe auf Wagen gestellt, und auf Eisenbahnsträngen gezogen werden. Wenn man aber auf diese Weise selbstständig ausgerüstete Ostindien-Fahrer hob, so konnte kein Zweifel sein, daſs beladene Canalschiffe ganz sicher eben so befördert werden durften. Dieselbe Ueberlegung führte zu den geneigten Ebenen, die Steenke bald darauf bei seiner Reise nach Ostindien näher kennen lernte.

Der Oberländische Canal, den Steenke ausgeführt hat, steht auch noch heute unter seiner Aufsicht, ist mit vier geneigten Ebenen versehen. Die ersten 44 Fufs steigt er in fünf Meilen durch Doppelschleusen an, alsdann folgen in einer Länge von 1694 Fufs diese Ebenen. Die Gefälle derselben betragen

bei Buchwald . . .	65 Fufs
bei Kanten . . .	60 -
bei Schönfeld . . .	78 -
und bei Hirschfeld . . .	70 -

Oberhalb der letzten geneigten Ebne beginnt die abschliessende Strecke. Der bereits genannte Pinnau-See, wie auch der benachbarte Samrodt-See hielten vor der Canal-Anlage einen mit

erstand, doch war die Ausdehnung des Terrains, von dem sie
 er wurden, nicht genügend, um dem Canal den erforderlichen
 erbedarf zu sichern. Der Spiegel der Scheitelstrecke konnte
 nicht höher, als in das Niveau des Geserich-Sees verlegt
 en, der von Deutsch-Eylan in nördlicher Richtung sich hin-
 und nahe eine Quadratmeile in der Wasserfläche einnimmt.
 beiden ersten Seen mußten demnach um 17 Fufs, und mehrere
 folgenden in geringerem Grade gesenkt werden.

Bald hinter dem Samrodt-See tritt der Canal in den Röhloff-
 and aus diesem in den Eiling-See, der sich bis Liebemühl
 eht und noch mit dem ostwärts belegenen Bärting-See in schiff-
 e Verbindung steht.

Die Scheitelstrecke setzt sich ferner von Liebemühl in west-
 e Richtung nach dem kleinen Abisgar-See fort, der aber nur
 einem durch denselben geschütteten Damme passirt werden
 e, da er nach dem Unterwasser der Schleuse bei Liebemühl
 essert und nicht aufgestaut werden durfte. Sein Niveau liegt
 5 Fufs unter dem des Canals und unter dem letztern mußte
 eine Verbindung zwischen beiden Hälften des Sees dargestellt
 en. Diese Leitung, in Holz ausgeführt, ist im Lichten 4 Fufs
 und 4 Fufs hoch. Etwa eine Viertelmeile weiter tritt der
 in den Daben- und aus diesem in den Geserich-See, der sich
 öder Richtung bis Deutsch-Eylan fortsetzt. Er trifft hier
 zwei Eisenbahnen zusammen, nämlich mit der Thorn-Inster-
 er und der Marienburg-Mlawner.

In nördlicher Richtung ist der Geserich-See durch einen kur-
 Canal mit dem Ewing-See bei Saalfeld verbunden, so wie auch
 auf der Ost- und Westseite sich abzweigenden Arme des Ge-
 die Abfuhr des Holzes aus den angrenzenden Forsten ver-
 en.

Die Gesammtlänge aller Schiffahrtswege in dieser Scheitel-
 e mißt über 16 deutsche Meilen. Die Verbindungen dehnen
 aber noch weiter aus. In zwei Schleusen senkt sich der Canal
 Liebemühl nach dem Drewenz-See um 14 Fufs, und hierdurch
 et sich für die Schiffe der Weg nach Osterode, und über diesen
 en See, der meist von Forsten umgeben ist. Ausserdem wird
 wärtig noch der westwärts von Osterode belegene Schilling-

See wegen der daran liegenden Forsten mit dem Canalnetz bunden.

In dieser Ausdehnung stellt der Canal Schiffahrtsweg 26 Meilen Länge dar, doch der bei Weitem größte Theil davon fällt in die verschiedenen Seen, denen vielfach durch Baggen nöthige Tiefe gegeben werden mußte. Die Gesamt-Länge Canal-Strecken mißt aber noch nicht 7 Meilen.

Die nähere Beschreibung der einzelnen Anlagen und der Ausführung theilweise vorgekommenen Schwierigkeiten (nicht hieher. Es mag nur bemerkt werden, daß einige Einsen bis zu 50 Fuß Tiefe gemacht werden mußten und daß sehr bedeutende Rutschungen der Dossirungen, wie auch sackungen des Leinpfades und dergleichen eintraten, die j sämmtlich beseitigt sind.

Die Füllung der Scheitelstrecke, die ein weit ausgedehntes Sammel-Bassin bildet, ist von der Reichhaltigkeit der atmosphärischen Niederschläge abhängig, der Wasserstand ist daher hier veränderlich, und die darin liegenden Canalstrecken, wie manche Theile der Seen mußten soweit vertieft werden, daß bei dem voraussichtlich niedrigsten Wasserstande die Schifffahrt nicht unterbrochen würde. Andererseits mußte aber auch darauf Sorge werden, daß die Anschwellungen niemals eine gewisse Höhe übersteigen, also nicht etwa über die Seitendämme des Canals ergießen. Zu diesem Zweck sind an geeigneten Stellen kleine Abflüsse angebracht. Insofern es jedoch nicht unmöglich ist durch Unvorsichtigkeit oder durch sonstige Zufälligkeiten zu veranlassen, ein solcher Durchbruch dennoch erfolgt und die in Quadratmeilen enthaltende Wasserfläche alsdann sich tief senkt und die Strömung enorme Verwüstungen anrichten würde, so sind an vier passenden Stellen in diesem Canal Sicherheits-Thore gestellt, die alsdann sich schliessen, und die nächst folgenden Strecken absperren.

Ein sehr günstiger Umstand für die Anordnung der verschiedenen Ebenen war es, daß der ganze Oberländische Canal mit allen seinen Verzweigungen ein für sich abgeschlossenes System bildet, welches an keinen Fluß anschliesst, dessen Schiffe in ihn eintreten können. Bei Elbing beginnt die See- und Haffschifffahrt, welche auch die verschiedensten Fahrzeuge fordert, und auf der Ost-, Süd- und West-

Verbindung mit den nächsten schiffbaren Flüssen und Landenkbar. Die Form und Grösse der Canalschiffe nach den örtlichen Verhältnissen und der Anordnung der Ebenen angepaßt werden, oder vielmehr waren beide von einander abhängig. Es war daher nicht nur das für den Canal nebst allen zugehörigen Anlagen, sondern die denselben befahrenden Schiffe zu entwerfen. Auch diese Aufgabe ist durch Steenke befriedigend gelöst.

Die Schiffe sind, mit Ausnahme einiger kleinen Dampf- und Segelschiffe, nahe von gleicher Form und Grösse. Nach dem Canal-Reglement vom 11. April 1861 dürfen ihre Dimensionen nachstehenden Maasse nicht überschreiten.

Die Länge über Steving 78 Fufs,

Die Breite 9,5 Fufs, auch dürfen die Ladungen darüber nicht hinausreichen,

Die Tiefgang 3,5 Fufs.

Die letzte Bestimmung wird nicht immer genau inne gehalten, die Controle schwieriger ist, und oft mißt der Tiefgang einige Fufs mehr. Die Schiffe laden bei Innehaltung dieser Vorschriften bis zu 1000 Centner, doch kommen Ladungen bis zu 1200 Centner vor.

Da der Verkehr auf dem Canal grossen Theils auch in Winter besteht, so sind auch dafür Bestimmungen getroffen. Die Flossen müssen fest verbunden sein und mindestens aus zwei Hölzern über einander bestehn. Die untere darf nicht über 9 Fufs und die obere nicht über 9,5 Fufs breit sein, und der grösste Querschnitt muß sich wieder auf 3,5 Fufs beschränken. Die grösste Länge eines Flosses darf 96 Fufs nicht überschreiten, und auf den freien Canalstrecken wie auf den Seen mehrere Flossen verbunden werden.

Die Form der Canalschiffe ergibt sich aus Fig. 389 a, b und c, LVII und man ersieht daraus, daß die Schiffe Masten haben, welche jedoch auf den Canalstrecken niedergelegt werden. Auch der Segel ist hier nicht gestattet, wogegen zwischen den Leinpfaden von 8 Fufs Breite (auf höhern Dammschüttungen 10 bis 12 Fufs Breite) angelegt sind, auf denen der Zug der Pferde erfolgt, die jedoch nicht neben, sondern hinter einander gespannt werden müssen.

Beim Durchgange durch die Seen werden die Segel benutzt, diese sind meist Sprietsegel, oder Gaffelsegel, doch kommen Lateinische Segel vor^{*)}.

Die Schiffe müssen vorschriftsmäßig einen Handkahn mitführen, der beim Uebergang über die geneigten Ebenen, wie 389e zeigt, an die aus den Wagen vortretenden eisernen Ketten gehängt und mit dem Schiff zugleich aus dem Wasser gehoben wird.

Die Besatzung besteht aus dem Schiffer, einem Matrosen und einem Schiffsjungen, gemeinhin ist nur die Familie des Schiffern an Bord und die Frau versieht den Dienst des Matrosen.

Der Canal hat 4 Fufs Wassertiefe, die Breite der Sohle 24 Fufs, und darüber erheben sich die Seitenwände mit dreifacher Dossirung. In den letztern sind noch 2 Fufs breite Bankstellen gebracht, welche 6 Zoll unter Wasser liegen. Seine Breite am Wasserspiegel misst sonach 52 Fufs.

Nach diesen allgemeinen Mittheilungen über den Canal, die darauf fahrenden Schiffe gehe ich zur Beschreibung der geneigten Ebenen über.

Auf denselben befinden sich zwei Geleise, deren Spurenbreite 10 Fufs 5 Zoll misst, und die von dem Scheitel-Punkte nach beiden Seiten so tief unter das Ober- und Unterwasser herabführen, die auf den Wagen stehenden Schiffe aufschwimmen. Die Wasserstände in den anschließenden Canalstrecken können leicht zur Zuleitung aus den nächst oberhalb belegenen Strecken oder zur Ableitung in die untern auf der normalen Höhe erhalten werden, woher die Wagen stets bis zu gegebenen Stellen herabfahren können, oberste oder die Hirschfelder Ebne begrenzt jedoch die Schleusenstrecke des Canals und hier wechselt der Wasserspiegel sogar 5 Fufs. Die daselbst benutzten Wagen müssen daher bei hohem Wasserstande bedeutend tiefer herablaufen, und haben demnach an den seitwärts vortretenden Wänden, welche die Laufbrücken tragen, eine größere Höhe und sind schwerer, als die übrigen.

Die Scheitel der Ebenen erheben sich im Planum 2 Fufs über das Oberwasser, im Niveau des letztern beträgt die 4

^{*)} Im dritten Theil dieses Handbuchs, § 31, sind die Lateinischen Segel beschrieben.

den sie bilden, gegen 40 Fufs, und sonach ist jede Gegend möglichen Durchbruchs beseitigt. Die Neigung der Ebenen ist 2 : 1. Indem Anfangs, und zwar so lange der aus dem Oberwasser kommende Wagen noch zum Scheitel ansteigt, beide Wagen auf darauf stehenden Schiffen (zuweilen 2400 Centner) gelassen werden müssen, so ist den Ebenen für diese Theile gleichauf auf beiden Seiten nur die Neigung 1 : 24 gegeben. Fig. 384 und 385 auf Taf. LVI zeigt dieses.

Das Schiff mufs, während es aus dem Wasser gehoben und wieder herabgelassen wird, in horizontaler oder derselben Lage gehalten werden, in welcher es schwimmt, damit es am obern Ende tiefer eintaucht, noch auch irgend wo einem besondern starken Druck ausgesetzt wird. Wenn die geneigte Ebne nur ein geringes Gefälle hätte, also wenn sie am obern Ende in eine mit dem Oberwasser verbundene Schleuse führte, so wäre dieses durch verschiedene Höhe des Bodens, worauf das Schiff über den Radachsen zu erreichen gewesen, da jedoch Scheitelpunkte vorkommen, also jede Ebne von letztern an nach entgegengesetzten Seiten abfällt, so mufste diese Bedingung in andrer Weise erfüllt werden. Hierzu boten sich verschiedene Mittel, die sämmtlich übereinstimmen, dafs man gewisse Nebenschienen anlegt, auf welche andre Radkränze der Räder austreten, als die Hauptkränze, welche auf dem Hauptgeleise bleiben. Im vorliegenden Falle ist die Anordnung getroffen, die Fig. 390a zeigt, dafs nämlich sämmtliche Räder, welche den Wagen tragen, mit je zwei, auf den Spurkranz getrennte Reifen versehen sind.

Die dem Unterwasser zugekehrten Räder laufen, bis der Wagen der innern Canalstrecke sich nähert, auf den äufsern Reifen, die der äufsern Strecke zugekehrten dagegen auf den innern. Das punktierte Rad ist dem Oberwasser zugekehrt, das ausgezogene dagegen dem Unterwasser. Solange die Bahn nur einfaches Geleise hat, also an dieser Seite nur die Schienen A ausliegen, laufen beide Räder auf denselben und der Wagen, wie der darauf stehende Boden nebst dem Schiff nehmen dieselbe Neigung an, als die geneigte Ebne. Wo dagegen das Geleise unter das Oberwasser tritt, beginnt das Geleise B. Dasselbe liegt Anfangs in der Höhe mit A, während letzteres aber dauernd sich senkt, bis es auf die Länge des Radstandes horizontal geführt. Indem

die äußern Reifen dieses fassen, stellt der Wagen sich ! und indem weiterhin die Schienen *B* dieselbe Neigung haben, so behält der Wagen die horizontale Stellung bis seines Weges. Beim Einfahren in das Unterwasser heben gegen die diesem zugekehrten Räder, indem sie mit den Reifen sich auf das zunächst horizontal geführte Geleise während die Räder am andern Ende des Wagens mit den Reifen auf dem Hauptgeleise bleiben. Die horizontale Stellung des ersten Geleises ist auch hier eben so lang wie der Radstrahl später haben beide Geleise gleiche Neigung.

Beide Wagen werden, wenn auch nur ein Schiff zu ist, immer gleichzeitig in Bewegung gesetzt. Der eine dem Oberwasser ins Unterwasser und der andre macht gegengesetzten Weg. Die Bewegung wird beiden durch eine Maschine mitgetheilt, welche eine große eiserne Trommel ab in einer und in der entgegengesetzten Richtung dreht. Zwei Seile, deren Enden an die Wagen befestigt sind, werden in entgegengesetzten Richtungen um diese Trommel gewickelt. Das eine Seil windet sich also auf und zieht den einen Wagen, während das andere mit gleicher Geschwindigkeit sich abwindet und dem andern die Freiheit giebt, den entgegengesetzten Weg in gleichem Tempo zurückzulegen.

Sobald der Wagen mit dem darauf stehenden Schiff ins Wasser tritt und letzteres schon beinahe schwimmt, ist kein hinreichender Zug mehr aus, um den Wagen zu treiben, daß das Schiff frei wird. Um beide Wagen stets am Ende der Bahnen herabzulassen, sind dieselben daher auch nach sich durch ein etwas schwächeres drittes Drahtseil verbunden, welches den abwärts fahrenden Wagen hinreichend weit zieht. Durch dieses sogenannte Hinterseil wird noch ein zweites erreicht, daß durch Vermittlung desselben auch der zweite Wagen aus dem Obercanal bis zum Scheitel gezogen wird, während die Maschine nur den ersten Wagen aus dem Unterwasser ins Oberwasser zieht.

Die Leitung der Seile ergibt sich schon aus den Fig. 385, ist aber noch specieller in Fig. 386 und 387 dargestellt. Die Trommel ist so groß, daß auf ihrem Mantel nicht nur das Zugseil von der Länge der ganzen Bahn Platz findet,

Das Ende des in entgegengesetzter Richtung aufzuwindenden Seils daran befestigt ist. Letzteres muß bei der eintretenden Bewegung den Zug ausüben. Es windet sich also auf die Trommel, während das andre Seil sich in gleichem Maasse davon löst, beide liegen in schraubenförmig eingeschnittenen Rillen. In nächsten Windungen beider bleiben stets gleich weit von einander entfernt, während der schmale freie Zwischenraum zwischen Beiden nach und nach von der einen Seite der Trommel zur andern herüberückt.

Das Maschinenhaus steht zur Seite des Obercanals und von hier sind beide Seile nach den 12 Fuß im Durchmesser halben eisernen Rollen geführt, welche Fig. 386 in der Stirnansicht zeigt. Sie sind (Fig. 385) etwas gegen einander verstellt, so die Seile sich nicht berühren. Von ihren Rillen gehn beide im Abstände von 14 Fuß von einander vertical abwärts zu andern eben so großen Rädern, deren Flächen rechtwinklig zu den ersten gerichtet sind. Man sieht diese von der Seite, wo sie führen die Seile bis nahe an die Sohle des Canals und parallel zur Richtung desselben und der geneigten Ebenen.

Fig. 385 zeigt *a* im Längendurchschnitt und *b* im Grundriss vom obern Ende der geneigten Ebne mit einem Theil des Obercanals und der Scheitelstrecke. Darauf ist auch ein Wagen gezeichnet, der so tief herabgelassen ist, daß ein Schiff schwimmend zwischen denselben einfahren kann. Man sieht auch, daß das Mauerwerk, welches die verschiedenen Räder trägt, einen großen Theil des Canals sperrt, woher derselbe hier verbreitert werden mußte und sich nur an einer Seite die freie Durchfahrt für die Schiffe läßt.

Beim Uebergang über die geneigte Ebne wird jedes Drahtseil im Abstände von je 30 Fuß von einer eisernen Leitrolle gefaßt, um zu verhindern, daß es nicht auf dem Boden schleift und dadurch schnell abnutzt.

Fig. 384 zeigt wieder in *a* den Längendurchschnitt und in *b* den Grundriss vom untern Ende der geneigten Ebne mit einem Theil des Untercanals. Auch bemerkt man, daß bei *A* die Neigung von 1:24 in diejenige von 1:12 übergeht. Der mit dem Lasten belastete, aufwärts fahrende Wagen befindet sich schon an den Rädern, die sich bis zum Scheitel fortsetzt.

Die Seilleitung ist bis in den Untercanal herabgeführt. Beide Seile liegen auch hier eben so weit, wie die Mittellinien beider Geleise, nämlich 17 Fuß von einander entfernt und legen sich in gleichem Abstände nahe über der Canal-Sohle in die Rillen zweier aufrecht stehenden, 12 Fuß im Durchmesser haltenden Räder, und indem sie von diesen vertical aufwärts steigen, vereinigen sie sich über dem dritten, 17 Fuß im Durchmesser haltenden Rade, welches Fig. 387 von der Seite zeigt. Das Mauerwerk, welches diese drei Räder trägt, steht mitten im Canal und die Schiffe können es von beiden Seiten umfahren, indem der Canal auch hier angemessen verbreitet ist. Damit aber die vorübergehenden Schiffe nicht gegen die Mauern stoßen, sind eben so, wie im Obercanal auch hier Pfähle eingerammt, in welche die Schiffer die Haken einsetzen dürfen.

Es ergibt sich hieraus, wie die ganze Seilleitung von der Trommel über die geneigte Ebne fort, und zurück bis wieder zur Trommel vollständig geschlossen ist. Dieselbe muß aber immer in der erforderlichen Spannung erhalten werden, damit beim Uebergang über den Scheitelpunkt nicht etwa ein Wagen frei herabläuft, und indem er plötzlich vom Seil zurückgehalten wird, dieses zerreißt. Um dieses zu verhindern, vermitteln starke Backer-Kluppen, welche die Seile umfassen, ihre Verbindung mit dem Wagen.

Die Mitte der geneigten Ebne ist genau markirt. Auf diese stellt man beide Wagen, und unter demjenigen, an welchem die Befestigung regulirt werden soll, werden beide Kluppen geöffnet und die Enden beider Seile durch einen Flaschenzug möglichst scharf gegen einander gezogen, worauf man die Kluppen schließt. Wenn neue Seile eingeschoren sind, die vorher auf das Dreifache der stärksten möglichen Spannung geprüft worden, pflegt das erwähnte Nachziehn mehrmals nöthig zu werden, während es später selten erforderlich ist.

Die Drahtseile werden aus der Fabrik von Felten et Guillot in Cöln bezogen. Die Zugseile haben nach Maaßgabe der geneigten Ebenen verschiedene Längen. Sie bestehn aus 7 Strahlen, deren jede aus 7 Drähten No 9 zusammengewunden ist. 1 Schlag darf in ihnen nicht zu kurz sein, weil sich sonst ihre Länge zu sehr verändert. Die Nachmessung ergab, daß die Länge

oder die Länge einer Windung der Strehnen 13.5 bis 14 Fuß. Der Umfang des Seils mißt 4 Zoll 4 Linien; und jeder Fuß wiegt 3,14 Pfund.

Das Hinterseil, aus Drähten No. 11 bestehend, hatte der Länge von 9.5 Zoll. Der Umfang mißt 3 Zoll 9 Linien; jeder laufende Fuß wiegt 2,05 Pfund.

Die Schienen war dasselbe Profil gewählt, welches bei der Ostbahn angenommen war, und das sich aus Fig. 390 ergibt. Der laufende Fuß der Schienen wiegt 22 Pfund. Im Uebereinstimmung sind sie, wie dieselbe Figur zeigt, auf eichene Langschwellen genagelt, die in Abständen von 3,5 Fuß auf Querschwellen

an dieser Construction geht man indessen in neuerer Zeit ab, da einestheils die eichenen Langschwellen, wie auch die darunter befindlichen Querschwellen keine lange Dauer und namentlich die Erneuerung der erstern sehr kostbar wird, und andererseits auch die Schienen auf dieselben nicht hinreichend befestigt werden können und daher Entgleisungen namentlich bei starken Seitenwinden nicht ungewöhnlich waren.

Man versuchte daher die Schwellen durch abgestumpfte Pyramiden aus Béton zu ersetzen. Fig. 385 zeigt die Ansicht von oben und *b* im Durchschnitt.

Die abgestumpften Kanten für voll gerechnet werden, bilden Querschnitte Quadrate, deren Seiten unten 20 und oben 26 Zoll während sie 20 Zoll hoch sind, und nahe 6 Cubikfuß enthalten.

Um die Schienen darauf zu befestigen, sind Dübel von Holz in die Form gestellt, worin die Bétonblöcke gebildet sind.

Diese Dübel sind nach dem Erhärten der Masse sehr gespannt, und die Nägel haften darin durchaus sicher. Die Dübel werden, wie die Figur zeigt, nach der Richtung der Diagonalen an einander gereiht, und zwar so, daß der lichte Abstand zwischen zwei meist 15 Zoll, bei weniger festem Boden aber werden und sogar nur 8 Zoll mißt.

Die Wagen haben das Gewicht von etwa 500, auf der Buchholze von 520 Centnern, die Schiffe leer wiegen 160 Centner.

Die Ladungen derselben bis 1400 Centner. Die Bruttogewichte der Wagen steigt sich also bis 2000 und sogar 2400 Centner.

Jedes der acht Räder ist alsdann mit 275 Centner be-

lastet. Die eisernen Reifen derselben brachen nach wenigen Wochen, und mußten sogleich durch stählerne ersetzt werden, die indessen auch kaum die erforderliche Festigkeit haben und schneller als jeder andre Theil des Betriebs-Materials abgängig werden.

Aehnlich verhält es sich mit den Schienen, die, wie erwähnt, Schienen der Ostbahn sein sollten. Das Profil derselben mußte auch unverändert beibehalten werden, obwohl die Rundung ihres Kopfes den cylindrisch geformten Radreifen nicht entsprach, und wegen der geringen Breite der Berührungsfläche, die Abnutzung der Schienen und Reifen verstärkt wurde. Dieser Uebelstand ließ sich nicht beseitigen, da die Kosten zu groß geworden wären, wenn bei der geringen Ausdehnung der Ebenen besondere Walzen zur Fabrikation der Schienen erforderlich gewesen wären. Dagegen ist man in neuester Zeit mit gutem Erfolg zu Gufstahl-Schienen übergegangen.

Sobald die Bahn unter den Wasserspiegel tritt, liegen die Schwellen, auf welche die Schienen befestigt sind, auf eingerammten Pfählen. Die daneben befindlichen Seitenschienen, auf welche die Räder mit den andern Reifen auflaufen, sind dagegen auf gusseisernen Stühlen gelegt, die Fig. 390 *a* und *b* von zwei Seiten zeigen. Man hat diesen Stühlen vier verschiedene Höhen gegeben, um die Seitenschienen nach und nach in angemessener Weise über die Hauptgeleise zu erhöhen. Damit diese aber in den Zwischenräumen nicht durchbiegen, sind sie dadurch verstärkt, daß mit andern Schienen von derselben Form darunter gelegt, und die breiten Basen beider gegen einander vernietet hat.

Endlich wäre in Betreff der Schienen noch zu erwähnen, daß dieselben am Fuß beider geneigten Ebenen aufgebogen sind, damit die Wagen nicht über das Geleise hinaus laufen. Doch gehen die Wagen beim regelmäßigen Betriebe niemals soweit herab, daß der Maschinenmeister, der die Stellen, wo die Wagen sich befinden, an den Marken der Trommel und des Seils jederzeit genau kennt, unterbricht die Bewegung immer schon früher, sobald die Schienen aus den Wagen aufschwimmen.

Die Wagen, welche Fig. 389 auf Taf. LVII *a* in der Ansicht von der Seite und im Längendurchschnitt, *b* in der Ansicht oben mit und ohne Schiff und *c* von vorn zeigen, sind ganz Eisen construirt. Eine Ausnahme hiervon machen nur die bei

den, also der Boden, auf welchen das Schiff sich aufstellt, eine Laufbrücke. Der Boden bildet indessen keine vollständige Brücke, vielmehr ist er in der Längenrichtung ein wenig gekrümmt, entsprechend mit der Form, welche die Schiffe beim Durchfahren annehmen pflegen.

Der Wagen ruht, wie ein achtradriger Eisenbahnwagen, auf vier Gestellen, deren jedes vier Räder hat. Die Gestelle sind nicht mit einer Drehscheibe versehen, vielmehr tragen sie je eine horizontale Achse, worauf der Oberwagen ruht. Bei dieser Einrichtung kann der Wagen über den Scheitel der geneigten Ebene fahren, ohne daß die Räder die Schienen verlassen, und die Stellung der Last auf dieselben wesentlich geändert wird. Die vorderen und Hinterräder in jedem Gestell tragen hochkantige Trägerschienen, in welche ihre Achsen eingreifen. Die boiderseitigen Trägerschienenpaare waren indessen ursprünglich nicht mit einander verbunden, und es zeigte sich der Uebelstand, daß sie nicht immer parallel blieben, wodurch Entgleisungen veranlaßt wurden. In neuerer Zeit hat man Querstangen an den Enden beider Trägerschienen hindurchgezogen und dieselben durch Schrauben befestigt.

Die erwähnten beiden Hauptachsen, welche den Oberwagen mit den Gestellen verbinden, sind 29 Fuß von einander entfernt, während der Wagen, während die Bahn im Verhältniß von 1 zu 10 geneigt ist, die horizontale Richtung annehmen, so muß die unter dem Scheitel der Ebene zugekehrte Achse um $\frac{3}{4}$ Fuß oder um 18 Zoll tiefer liegen, als die andere. Zu diesem Zweck sind die Trägerschienen, wie bereits erwähnt, zuerst auf eine Länge von 10 Fuß horizontal geführt worden, und alsdann fallen sie mit einer Neigung, wie das Hauptgeleise ab, oder liegen 14,5 Zoll tiefer als dieses. Von den Rädern, deren eines Fig. 390a dargestellt ist, war schon oben die Rede.

Der Wagen trägt an jeder Seite einen starken eisernen Träger, an welchem hochkantige doppelt T förmige Querschienen befestigt sind. Auf letztern liegen die Bohlen auf, worauf das Schiff geladen wird.

Über die erwähnten Träger erhebt sich an jeder Seite des Wagens eine leichte Laufbrücke, die auswärts mit einfachem Gitterwerk versehen ist. Hier tritt auch die Achse einer Bremse vor, die auf alle acht Räder des Wagens wirkt. Außerdem befinden

sich daselbst die zwei eisernen Krahne, woran der Handkahn gehängt wird. Endlich wäre noch zu erwähnen, daß sowohl das Zugseil, wie das Hinterseil, an den Oberwagen und zwar neben den Hauptachsen befestigt sind.

Die specielle Beschreibung der Maschinen, welche die Wagen auf die Scheitel der geneigten Ebenen heraufziehen, und sie von hier sicher herablassen, gehört nicht hieher, und es wird genügen, ihre Anordnung im Allgemeinen anzudeuten.

Eine gußeiserne Röhrenleitung, 3 Fuß im Durchmesser haltend, führt das Oberwasser in das Maschinengebäude und zwar in einen eisernen Trog, dessen Boden etwas höher liegt, als die Achse des großen Wasserrades. Letzteres besteht wieder ganz aus Eisen, hält 27 Fuß im Durchmesser und ist 12 Fuß breit. An seinem Umfange befinden sich 60 Zellen, die mit Wasser gefüllt werden und das Rad in Betrieb setzen, sobald der Maschine mittelst einer Kurbel das Schütz am Troge senkt. Zuvor muß aber das Ventil geöffnet sein, welches die Verbindung zwischen dem Oberwasser und dem Troge darstellt.

An die Stirn des Wasserrades ist ein gezahnter Kranz angeschoben, dessen Zähne nach innen, also gegen die Drehungs-Achse gekehrt sind. In diese greift ein Getriebe ein, welches bei seinem geringen Durchmesser von 4 Fuß vergleichungsweise zum Wasserrade eine sehr große Umdrehungs-Geschwindigkeit annimmt. Diese mußte bedeutend vermindert werden, da die Trommel, in welche die Drahtseile sich aufwinden, nur eine geringe Geschwindigkeit annehmen durfte. Zu diesem Zweck war eine zweimalige Uebertragung durch Rad und Getriebe erforderlich, und dadurch ist die Geschwindigkeit im Umfange der Trommel, also auch der Wagen, auf den fünften Theil der Umfangs-Geschwindigkeit des Wasserrades zurückgeführt.

Indem abwechselnd das eine und das andre Seil angesogen wird, die beide in entgegengesetzter Richtung auf die Trommel gewunden sind, und dem Wasserrade nicht die entgegengesetzte Drehung gegeben werden konnte, so mußte in der Anordnung der Getriebe eine solche Umsetzung vorgesehen werden. Dieses ist durch erreicht, daß das Getriebe, welches in das Stirnrad der Trommel eingreift, aus diesem ausgerückt, und dafür ein an derselben Achse befindliches mit einem Zwischenrade

Drüse in Verbindung gesetzt werden kann, das mit der Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung die Trommel dreht.

Der aus Guss Eisen bestehend, hält 12 Fuß im Durchmesser und ist der Länge der betreffenden geneigten Ebenen entgegen 7 bis $8\frac{1}{2}$ Fuß lang. Ihr Mantel ist mit einer schraubenförmigen Rille versehen, in welche beide Seile sich regelrecht legen. Das eine Seil ist an dem einen, das andre an dem andern Ende der Trommel befestigt, und wenn eins sich ganz ausrollt, so hat das andre bis auf sein äußeres Ende die Trommel verlassen. Beide Seile winden sich daher keineswegs an derselben Stelle auf und ab, sie rücken vielmehr abwechselnd von einer Seite zur andern und treffen daher auch nicht gegen die Achsen der Scheiben, welche sie auf die geneigten Ebenen führen. Dieser Umstand ist indessen ohne wesentlichen Nachtheil, da die Maschinengebäude hinreichend weit von diesen Ebenen entfernt sind, und sonach der seitliche Ausschlag der Seile besten Falls nur 2 Grade misst. Damit aber die Seile nicht gegenseitig berühren, sind die Leitscheiben, wie Fig. 1 zeigt, etwas versetzt.

Die Betriebskraft kann nach Bedürfnis verstärkt und gemindert werden, je nachdem das Schütz tiefer gesenkt oder gehoben, durch die dem Rade zufließende Wassermasse vergrößert oder verringert wird. Im Anfange der Bewegung, wenn beide Seile mit den darauf stehenden Schiffen ansteigen, ist die größte Betriebskraft erforderlich, dieselbe darf aber wesentlich geschwächt werden, wenn der aus dem Oberwasser kommende Wagen den Scheitel der geneigten Ebenen hat, und nunmehr vielleicht ein beladenes Schiff die Ebene ansteigt, während nur ein leeres oder gar keins herabgeht. Wenn vollends das beladene Schiff herabgeht, und ein leeres Seil allein heraufkommt, so bildet jenes schon ein Uebergewicht. Es ist alsdann nicht nur gar keine Betriebskraft erforderlich, sondern der Maschinist muß zu der Bremse, welche eine auf der Achse des ersten Getriebes (das in die Achse des Wasserrades eingreift) befindliche Scheibe umspannt.

Die ganze Anordnung, die vom Director der Dirschauer Maschinen-Anstalt Krüger entworfen und ausgeführt wurde, und die bei der Eröffnung des Betriebes auf allen vier Ebenen sich voll-

ständig bewährt hat, ist in der Art getroffen, daß der Maschinist ohne seinen Stand wesentlich zu verändern und ohne fremde Hülfe die Schiffe ins Oberwasser ansteigen läßt, oder sie ins Unterwasser herabführt.

Sobald die Glocke das Zeichen giebt, daß beide Schiffe in die Wagen eingefahren und daran befestigt sind, und schon vorher durch Einrücken des letzten Getriebes die Richtung, in welcher die Trommel drehn soll, gegeben ist, so senkt der Maschinist mittelst einer Kurbel das Schütz, und mäßigt oder sperrt vollständig den Zufluß, sobald der eine Wagen den Scheitel passirt. Er greift aber zur Bremse, wenn die Geschwindigkeit sich vergrößert, die er an der Bewegung der Maschine sehr sicher beurtheilen kann. An der Anzahl der Windungen der Seile auf der Trommel ersieht er aber auch die Stellen, an welchen beide Wagen sich befinden, und sonach ist er im Stande, die letztern jedesmal so weit herabzulassen, daß die Schiffe aufschwimmen. Dabei muß aber für den letzten Theil des Weges, wenn nämlich das Schiff, welches das Uebergewicht bildet, vom Wasser beinahe gehoben wird, wieder die nöthige Nachhülfe durch die Maschine gegeben werden.

Nach vorstehender Beschreibung der Einzelheiten der geneigten Ebenen ist über den Betrieb derselben wenig hinzuzufügen. Nicht selten werden zwei Schiffe, oder ein aufwärtsgehendes und ein herabkommendes Floß gleichzeitig befördert, doch läßt man auch ein einzelnes nicht warten, wenn keins in der entgegengesetzten Richtung sichtbar ist. Beide Wagen stehn so tief unter Wasser, daß ein Schiff oder Floß, ohne dagegen zu stoßen, darüber fahren kann. Ist dieses geschehn, so wird es mittelst Ketten oder Trossen an die beiden Gitter befestigt, so daß es dem Wagen folgen muß. Auch der Handkahn wird, während er noch schwimmt, an Ketten, die von den Krahnern herabhängen, befestigt. Vom Unterwasser aus wird mittelst einer Glocke das Zeichen gegeben, daß dies geschehn und das Schiff zum Auffahren bereit ist. Vom Oberwasser her bedarf es keines besondern Signals, da der Wagen nicht weit entfernt ist.

Der Maschinist senkt nunmehr das Schütz am Troge und giebt der Trommel solche Geschwindigkeit, daß diese, also an der der Wagen in den Grenzen von 2 Fuß 6 Zoll bis 3 Fuß 3 Zoll bleibt. An der Abwindung der Seile, wie an den an

Marken. kann er den jedesmaligen Stand beider richtig beurtheilen und er läßt sie so tief unter Wasser hin die Bohlen, worauf die Schiffe stehn, sich im Niveau der anschließenden Canalstrecken befinden. Alsdann lassen wieder sowohl die Schiffe, wie die Handkähne und lassen sich leicht vom Wagen lösen.

Sobald ein Wagen mit dem Schiff in Bewegung gesetzt wird, der Matrose auf die Laufbrücke steigen und während der Fahrt über die geneigte Ebene neben der Bremse stehn, damit diese bei etwanigem Reißen des Seils sogleich in Thätigkeit gesetzt werden kann. Die Bremse ist freilich nicht so wirkungsvoll, daß sie den Wagen mit dem beladenen Schiff auf der Neigung der Ebene zum Stillstand bringt, wohl aber vermindert sie seine Geschwindigkeit so sehr, daß jede Gefahr vermindert wird. Es ist bisher bei solchem Ereigniß auch noch nie ein solcher Unfall eingetreten.

Die Zeit der Ueberführung eines Schiffes mit Einschluss Ein- und Ausfahrens in die Wagen beschränkt sich etwa auf eine Viertelstunde. Das Schiff braucht also nur ungefähr eine Minute um die vier geneigten Ebenen zu passiren, deren Gefälle zusammen 273 Fuß beträgt. Um dieses in gewöhnlicher Art durch Wasser zu überwinden, wären derselben mindestens drei und vierzig nöthig gewesen, und wenn der Durchgang durch jede eine Viertelstunde dauerte, so hätte die Ersteigung oder Herabgang von solcher Höhe wenigstens sechs Stunden erfordert. Diese Ersparung an Zeit ist ein wesentlicher Vorzug der geneigten Ebenen vor den Schleusen. Ueber die Ebene bei Schönbrunn, wie erwähnt, die höchste ist, sind bereits an einzelnen Tagen drei und siebenzig Fahrten gemacht, wobei nach beiden Richtungen ein hundert und sechs und vierzig Fahrzeuge hätten befördert werden können, was wohl mehr ist, als eine Kammerwasser-Wehr je geleistet hat.

Ein zweiter Vortheil ist die Ersparung von Betriebswasser. Obgleich hier bisher noch niemals Mangel eingetreten, wenn einmal bei lange anhaltender Dürre der Wasserspiegel der Strecke sich etwas niedriger senkte, als man erwartet hatte, so könnte dieses sich vielleicht in störender Weise wiederholen, so daß auch durch Verwendung von Dampfkraft das Betriebswasser

ganz entbehren. In den meisten Fällen und selbst im Sommer und Herbst ist solches überreichlich vorhanden, so dass man durchschnittlich etwa 10 Cubikfuß in der Secunde für industrielle Zwecke verwenden könnte. Bei dem disponiblen großen Raum von etwa 280 Fuß würde dieses eine sehr werthvolle Kraft stellen, doch hat sich bisher noch nicht Gelegenheit gefunden, von Gebrauch zu machen.

Der Canal dient vorzugsweise zur Abfuhr von Holz, Getreide und andern landwirthschaftlichen Produkten, so wie auch Ziegelsteinen. Die Rückfrachten sind weniger bedeutend. Sehr aber die Umgebungen durch die Erleichterung des Verkehrs gewonnen haben, ergiebt sich aus der Steigerung der Preise. Am Beginn des Baues kaufte man die Klafter Kiefernholz für 50 Groschen, während sie gegenwärtig 5 Thaler kostet. Die Bewohner dortiger Gegend erkennen den Nutzen, den der Canal ihnen gebracht hat, auch vollständig an, und es mag es nicht werden, daß dieselben dem Baurath Steenke, als er vor Kurzem sein fünfzigjähriges Dienstjubiläum feierte, neben dem Schloß Buchwalder Ebne eine Pyramide aus polirtem Granit, mit der Inschrift, die ihren Dank ausspricht, errichtet haben.

Der Canal ist kein Privatunternehmen, sondern von der Preussischen Regierung für 1,430,000 Thlr. ausgeführt. Die Abgaben sind so mäßig gestellt, daß sie keineswegs die Anlagekosten amortisiren oder verzinsen, sondern nur die Unterhaltungs- und Betriebskosten decken sollten. Doch auch hierzu hat selbst der starke Verkehr bisher nicht genügt, da die Gefälle noch nicht 10,000 Thlr. eintragen haben, während die Betriebs- und Unterhaltungskosten, einschließlich der Gehalte der Beamten sich auf mehr als 20,000 Thlr. stellen. Nichts desto weniger ist der Nutzen des Canals im öffentlichen Interesse unverkennbar.

§. 79.

Klapp-Schleusen.

Unter den eigenthümlichen Schiffs-Schleusen darf eine sogenannte Klapp-Schleuse nicht mit Stillschweigen übergehen werden, wenn dieselbe auch nur für den Durchgang kleiner

bei sehr geringen Gefällen benutzt werden kann. Sie hat in-
 vor allen andern Schiffs-Schleusen den wesentlichen Vorzug,
 daß durch das von der einen oder der andern Seite ankommende
 Zug selbst geöffnet wird, und sich darauf wieder von selbst
 schließt, woher die Anstellung eines Wärters ganz entbehrlich ist,
 die Kähne ohne Unterbrechung ihrer Fahrt darüber fortgehn.
 Die Thalfahrt geschieht diesen sogar ohne Mühsigung der Ge-
 schwindigkeit, während bei der Bergfahrt der Zug allerdings ver-
 wendet werden muß, und der Durchgang langsamer, als im freien
 Flusse geschieht.

Schleusen dieser Art findet man, soviel bekannt, nur in den
 Niederungen ohnfern Bremen. Der Wasser-Baudirector Blohm in
 Bremen erbaute zuerst solche im Anfange dieses Jahrhunderts in
 den Niederungen der Wümmen, die nach der Vereinigung mit der
 Weser, Lessum heisst und oberhalb Vegesack sich in die Weser
 ergießt. Die kleinen Canäle in welchen diese Schleusen lagen,
 waren theils zur Entwässerung und theils zur Schifffahrt, doch
 nur Kähne von geringen Dimensionen hindurch. Diese
 Schleusen sind indessen vollständig verschwunden, indem
 durch die andern Anordnung der Cultur-Verhältnisse die partiellen
 Entwässerungen entbehrlich wurden.

Dagegen führte Blohm auf der rechten Seite der Wümmen,
 im ehemaligen Hannoverschen Gebiet, etwas später eine An-
 zahl solcher Schleusen aus, die auch noch im Gebrauch sind. Es
 hießen hier früher Stauschleusen, in welchen vor dem jedes-
 nen Durchgange eines Kahns, das Schütz ausgehoben und darauf
 eingestellt werden mußte, wodurch theils ein großer Zeit-
 verlust veranlaßt wurde, theils aber auch bei trockner Witterung
 der Wasser-stand sich tiefer senkte, als es für die umgebenden
 Gegenden vortheilhaft war.

Die Klapp-Schleusen haben keine Kammern, bestehen vielmehr
 wie Stauschleusen, aus einzelnen Häuptern. Fig 391 auf
 LVII zeigt in *b* den Grundriß und in *a* den Längendurch-
 schnitt einer solchen. Der wichtigste Theil dabei ist die aus Latten
 zusammengesetzte Klappe, die in *c* in größerm Maasstabe dar-
 gestellt ist. Die punktirten Linien in *a* zeigen, wie ein herab-
 fahrender Kahn die Klappe unter sich niederdrückt, und dadurch
 den Weg frei macht.

Die Gefälle sind sehr geringe und betragen durchschnittlich nur etwas über 6 Zoll. Das Gefälle der Freiarche bei Lili war, als ich die Schleusen sah, 5 Fuß $1\frac{1}{2}$ Zoll, und dieses theilte sich auf zehn Klapp-Schleusen, da die eilfte und letzte fluthet wurde.

Der Grundbau, wie die Böden und Seitenwände sind über einfach construirt. An den Seitenwänden befinden sich aber nach Kreisbogen zugeschnittene und durch je zwei Bolzen befestigte $1\frac{1}{2}$ Zoll starke Leisten, gegen welche die Klappen sich lehnen. Der obere Bolzen muß sich leicht beseitigen und wieder einbringen lassen.

Die Klappen bestehn aus einer Anzahl mit einander verbundenen Latten, die einzeln beweglich sind. In den zuerst erbauten Schleusen soll man eiserne Charniere benutzt haben, welche zu kostbar waren, auch die Klappen so sehr beschwerten, daß nach einiger Zeit nicht mehr aufschwammen und daher den Damm versagten. Es wurden dafür drei lederne Riemen hindurchgezogen.

Fig. c zeigt den Durchschnitt durch den untern Theil einer Klappe. Die Breite derselben maas 6 Fuß. Sie lehnte sich auf jeder Seite an die erwähnten Leisten, woher die lichte Weite der Schleuse hier nur 5 Fuß 8 Zoll betrug. Dieses genügte für den Durchgang der Kähne, die größtentheils bei der Länge von 25 Fuß noch nicht 5 Fuß breit waren. Die Länge der Klappe in der Rundung gemessen, war 4 Fuß 6 Zoll, und ich zählte 14 Latten, woher jede von diesen durchschnittlich nahe 4 Zoll breit ist. Die Stärke der Latten war verschieden. nämlich im untern Theil der Klappe $2\frac{1}{2}$ Zoll und am obern noch nicht 2 Zoll. Die unterste Latte war mittelst der erwähnten Riemen noch mit einer dreizölligen Bohle verbunden, welche die Fig. d ebenfalls zeigt.

Die Latten berührten einander mit ziemlich scharfen Kanten, in welchen auch die hindurchgezogenen Riemen sich befanden. Auf beiden Seiten waren sie abgestumpft, so daß sie nicht nur anlehnen an die Leisten die Krümmung derselben annehmen, sondern auch in ebner Fläche auf den Boden gelegt und selbst in gegengesetzter Krümmung gebogen werden konnten, was in der That geschah, sobald Kähne von einer oder der andern Seite da ankamen und sie zurückdrängten.

Zur Zurichtung und Verbindung der Latten diente ein Block, dessen Oberfläche die innere Krümmung der Leisten darstellte, und auf diesem wurden nach Schablonen die Enden der Latten mit cylindrischen Flächen versehen, so daß sie sich an jene Leisten scharf anschlossen. Alle Schleusen hatten aber gleiche Weite und waren so übereinstimmend gebaut, daß jede Klappe für jede derselben paßte.

Wenn nach vorstehender Beschreibung jede Latte sich auch gut schließend an die Leiste anlehnte, so mußten dennoch die Fugen zwischen je zwei Latten geschlossen werden, und dieses geschah durch Lederstreifen, die man an den untern Rand jeder Latte nagelte. Dieselben überdeckten die Fugen und wurden durch den Wasserdruck scharf gegengepreßt, während sie das Drehn der Latten um die Kanten nicht verhindern. Verschiedene Klappen waren zur Auswechselung vorbereitet, und sobald eine schadhaft wird, was oft genug geschehn soll, so wird sie durch eine andre ersetzt.

Das Ausheben und Einstellen der Klappen geschieht sehr schnell, und zwar gemeinlich, ohne daß die Schleuse geschlossen werden darf. Die geringe Niveau-Differenz zwischen den beiden anliegenden Canalstrecken gleicht sich bald aus, so daß die Durchströmung aufhört, man kann aber auch, wenn es nöthig wird, den Stau erhalten, indem man auf der obern Seite zwischen die Flügelwände eine Tafel einschiebt, die sich gegen die beiderseitigen Pfosten lehnt. Die Beseitigung des Wassers in der Schleuse ist aber entbehrlich, wenn eine andre Klappe eingestellt werden soll.

Die gekrümmten und an beide Seitenwände gebolzten Leisten haben nicht nur den Zweck, der Klappe die passende Stellung zu suchen, sondern dienen auch zur Befestigung derselben, indem sie mit ihren untern Enden die mit den Latten verbundene Bohle fest gegen die Schleusenboden drücken. Jede dieser Leisten ist durch zwei Bolzen befestigt. Sobald man den obern löst, kann sie um den untern gedreht werden, und alsdann läßt sie sich gegen das Oberwasser herabdrücken, wobei jene Bohle frei wird und herausgezogen werden kann. Nachdem eine andre Bohle mit der neuen Klappe eingeschoben ist, braucht man nur die beiden Leisten wieder aufzurichten, und die obern Bolzen, die ungefähr in der Höhe des Wasserspiegels sich befinden, einzuschrauben.

Fig. a zeigt, wie die obern Latten der Klappe sich niederlegen, sobald sie von dem Fahrzeuge gefaßt werden. Beim Aufwärtsfahren erfolgt dieses noch leichter, indem der Kahn sie nicht nur herabdrückt, sondern sie auch vor sich hinschiebt. Der vordere Bug dieser Kähne steigt aber flach an, um bei der Thalfahrt die Latten niederzudrücken, und damit sie sich leicht unter dem Bug fortschieben, befinden sich unter letzterm zwei flache eiserne Schienen, die sich bis zur Spitze fortsetzen. Sobald die Latten nicht mehr niedergedrückt werden, schwimmen sie sogleich auf und bilden wieder die Stauwand, indem sie sich gegen die Latten lehnen.

Das Herabfahren der Kähne geschieht sehr schnell. Sobald die obere Latte nur etwas herabgedrückt ist, bildet sich sogleich eine Strömung die das Fahrzeug erfaßt. Beim Aufwärtsfahren pflegt der Mann, der sich im Kahn befindet, diesen vorwärts in die Schleuse in möglichst schnelle Bewegung zu setzen, damit er bei dem Gegenstoß des Wassers nicht sogleich zum Stillstande kommt. Durch starkes Abstossen mit der Stange gelingt es ihm auch gemeinhin über die Klappe fortzukommen, bevor das Wasser in der nächsten Canalstrecke in heftige Bewegung versetzt wird. Indem der Verkehr hier nur darin besteht, daß vorzugsweise Torf, außerdem auch wohl Milch und andre landwirthschaftliche Produkte herabgehen, die Kähne aber nur leer zurückkommen, so ist das Anbringen derselben nicht schwer, und nur ausnahmsweise folgen sich mehrere in geringer Entfernung und die Bemannung derselben zieht gemeinschaftlich eins nach dem andern durch die Schleuse.

Es darf kaum erwähnt werden, daß diese Klappen keinen dichten Schluß bilden, wie man solchen bei Stemmthoren darstellen würde. Der geringe Wasserverlust, der bei der bezeichneten Druckhöhe nicht bedeutend ist, darf indessen hier nicht als Uebelstand bezeichnet werden, da die Zuflüsse in dem sumpfigen Boden nie versiegen. Steigt das Wasser bei starkem Regen oder beim Schmelzen des Schnees höher an, als man es halten will, so fließt es über die Klappen fort, und wenn man diese ganz niederdrückt und sie auf den Boden legt, indem sie beschwert werden, so ist die Oefnung der Schleuse ganz frei und es erfolgt die ungehinderte Abströmung.

Der Zweifel würde der Wasserverlust und zugleich die
Leichtigkeit beim Heraufgehn der Kähne sich wesentlich ver-
mindern, wenn man in geringer Entfernung hinter einander zwei
Klapp-Schleusen erbaute, so daß sich dazwischen eine voll-
ständige Schleusenkammer bildet, die sich schnell mit derjenigen
des oberen Niveaus setzt, vor der die Klappe niedergedrückt
wird. Es geschieht dieses, so stände auch nichts im Wege etwas
Höheres zu überwinden. Anlagen solcher Art, kommen
nicht vor.

Dreizehnter Abschnitt.

S c h i f f a h r t s - C a n ä l e.



§. 80.

Anordnung der Canäle.

an Flüsse und Ströme nur den von der Natur vorgezeichneten Weg der Schifffahrt eröffnen, so läßt sich dieser durch Canäle landeinwärts und sogar über die Wasserscheiden zweier Gebiete hinaus ausdehnen. Die Schiffschleusen und geneigten Canäle bieten Gelegenheit über schwächere und grössere Erhebungen des Bodens und über Bergrücken die schiffbaren Verbindungen darzustellen. Dieses ist in England und Frankreich und in America vielfach in großem Maassstabe geschehn, auch in Deutschland giebt es Canäle, die beispielsweise von der Elbe nach Oder, von dieser nach der Weichsel und Nogat und durch Untertelung des frischen Haffes in den Memel-Strom, also bis Rußland führen.

Viele Canäle haben dagegen nur den Zweck, die Schifffahrt auf Neben solchen Flüssen zu ermöglichen, die von der Natur nicht geeignet waren, oder deren Beschaffenheit dem weiteren Laufe der Fahrzeuge eine Grenze setzte. Andre Canäle dienen hauptsächlich zur Abfuhr gewisser in großer Masse gewonnener Waaren, wie namentlich der Steinkohlen und Erze.

In neuerer Zeit sind die Eisenbahnen mit den Canälen in stete Concurrenz getreten, und vielfach macht sich die Ansicht geltend, daß jene den Verkehr auf diesen ganz unterdrücken könnten. Wenn die Erfahrung bisher auch noch keineswegs dafür gesprochen hat, so verdient die Frage doch nähere Erwägung.

Auf den Eisenbahnen erfolgen die Transporte viel schneller, als in Canälen, auch finden bei vorsichtiger Verwaltung niemals, oder nur auf wenig Stunden Unterbrechungen statt, während die

Eisdecken in unserm Klima die Canäle regelmässig auf mehrere Monate unbrauchbar machen. Der wesentlichste Punkt in dieser Concurrenz ist indessen wohl der Umstand, daß die Gesellschaft, welche eine Eisenbahn baut, zugleich den Verkehr auf derselben übernimmt, also alleiniger Fuhrherr wird. Das große Betriebsmaterial, welches sie braucht, darf nicht lange unbenutzt bleiben, und wenn die vortheilhafteste Verwendung desselben großen Gewinn bringt, so hat sie Gelegenheit auch aus einer wenig einträglichen Benutzung noch Gewinn zu ziehn. Der Ueberschuß des Ertrags über die Selbstkosten mag bei manchen Zügen nur sehr geringe sein, aber derselbe ist dennoch nicht zurückzuweisen, insofern alle Erfordernisse des Betriebes vorhanden sind, und sonach die Selbstkosten nicht im ganzen Betrage, sondern nur in dem Ueberschuß, den diese Verwendung verursacht, in Rechnung gestellt werden. Hierdurch erklären sich die überaus billigen Transport-Preise für manche Güter auf Eisenbahnen. Vielleicht tritt hin und wieder auch die Absicht hinzu, ohne allen Vortheil, sogar mit Schaden, die Transporte zu übernehmen, um zunächst die Concurrenz ganz zu unterdrücken, sobald dieses aber erreicht ist, durch Steigerung der Preise diese Verluste zu decken.

Die Frachtsätze sowohl auf Flüssen, als auf Canälen stellen sich ihrer Natur nach im Allgemeinen wegen der niedrigeren Betriebskosten geringer als auf Eisenbahnen. Die langsamere Förderung ist für manche Güter und namentlich für Rohprodukte, wenn nicht etwa ein unvorhergesehener Bedarf eintritt, kein Uebelstand, und selbst diesem läßt sich in gewisser Beziehung entgegenstellen.

Auf manchen Canälen in England sind Eilböte eingerichtet, die nur zur Förderung von Reisenden dienen und die deutsche Meile in einer halben Stunde zurücklegen. Sie sind 70 Fuß lang 5,5 Fuß breit und fassen etwa 60 Personen. Sie werden durch drei Pferde gezogen, die jedesmal nach kurzen Strecken durch andre ersetzt werden, aber in vollem Galopp den Weg zurücklegen. Vorn sind zwei Pferde angespannt, auf dem folgenden dritten sitzt der Führer. Sie sind also ähnlich, wie vierspännig gestellt, nur fehlt das hintere Pferd, weil die Zugleine schräg abgeht. Diese ist am Boot an einen Haken befestigt, der bei dem geringsten Druck sich öffnet und sie auslaufen läßt. Die Vorsicht ist dringend nöthig, um ein Umschlagen des Bootes zu verhindern, wenn es bei Unachtsamkeit

Lamarque vielleicht sich seitwärts wenden und überscheeren. An Bequemlichkeit steht diese Art des Reisens keiner andern nach, übertrifft vielmehr wohl jede. Man fühlt keine, auch die leiseste Erschütterung und bemerkt die Bewegung nur an den schnellen Vorübergänge der Gegenstände auf den Ufern. Der Theil der Reisenden pflegt auch sogleich einzuschlafen.

Die Benutzung von Dampfbooten auf Canälen war früher allgemein verboten, weil man zu große Beschädigungen zu besorgte. Diese Besorgniß ist allerdings nicht unbegründet, aber das Verbot läßt sich nicht aufrecht erhalten, wenn man den Verkehr auf den Canälen nicht zu sehr beschränken will. Man muß also für gehörige Befestigung der Ufer sorgen, oder diese einbrechen, sie sicherer als früher decken. Es ist aber S. 57 erwähnt, daß es ziemlich gleichgültig ist, ob das Boot auf Rädern oder Schrauben bewegt wird, die Welle, welche die Maschine beschädigt, rührt vorzugsweise vom Bug des Bootes her, daher wird also durch die Geschwindigkeit und die Größe des Schiffs bedingt. Selbst ein Reactions-Boot, in welchem das Wasser gar nicht fortgestoßen wird, erregte heftige Stöße, als es einst durch den Canal bei Berlin ging.

Daß die Warpschiffahrt auch auf Canälen Anwendung findet, ist gleichfalls bereits erwähnt. Wenn aber eine Warpkette gelegt wird, so wird dadurch der freie Verkehr mehr oder weniger beschränkt und der Betrieb der Schiffahrt geht größtentheils auf die Gesellschaft über, welche die Kette ausgelegt hat. Bei der großen Tiefe eines Canals dürfte dagegen die Anwendung von gezogen geschlossenen Ketten, oder Ketten ohne Ende sich vorzugsweise empfehlen, die auch kein Monopol bedingen.

Der wesentliche Vorzug eines Canals vor einer Eisenbahn besteht darin, daß er eine dem freien Verkehr eröffnete Straße darstellt, die von Jeder für die festgesetzten Gebühren und nach den gesetzlichen Vorschriften mit seinem eignen Schiffe befahren darf.

Daß nichts desto weniger die Transporte selbst von Rohstoffen von den Canälen auf die Eisenbahnen zum Theil übergehen und, leider keinen Zweifel. Lamarque theilt darüber die folgende Notiz mit*), wie in dieser Beziehung das Verhältniß der

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1859. II. pag. 330.

auf Canälen und Eisenbahnen aus Belgien nach Frankreich geführten Steinkohlen in wenig Jahren sich verändert hat. Verhältnisszahlen sind

	auf	
	Canälen	Eisenbahnen
1852:	0,92 . .	0,08
1854:	0,80 . .	0,20
1856:	0,75 . .	0,25
1858:	0,52 . .	0,48

Derselbe bemerkt dabei, daß wohl die unpassende Art der zum Theil sehr alten Canäle hierzu Veranlassung gegeben hat.

Beim Entwerfen eines Canal-Projectes ist vor allem zu untersuchen, ob das erforderliche Speisewasser für den Canal unter allen Verhältnissen beschafft werden kann. Irrung dieser Beziehung sehr häufig vorgekommen, oder haben sich im Lauf der Zeit herausgestellt. Die fortschreitende Cultivirung des Bodens und besonders die Trockenlegung sumpfiger Flächen, auch das Ausroden ausgedehnter Waldungen und Gebüsch wesentlich dazu bei, die ursprünglich vorhandenen Quellen der Jahreszeit zu schwächen oder ganz versiegen zu lassen. Manche Canäle, die unmittelbar nach ihrer Anlage hinreichend gespeist wurden, sind gegenwärtig bei anhaltender Dürre nicht mehr zu befahren. Man hat daher, wie in England mehrfach geschehen, zu ihrer Speisung kräftige Pumpen erbaut, die durch Dampftrieben werden. Auch für den Canal, der die Sambre mit der Oise verbindet, sah man sich gezwungen, nachträglich mehrere Dampfmaschinen aufzustellen, welche das Wasser von der Scheitelstrecke pumpten, sondern man richtete auch Reservoirs an, die im Frühjahr und bei starkem Regen sich füllten, deren Inhalt später nach Bedürfniss wieder dem Canal zugeführt wurde.

Häufig ist die vorhergehende Untersuchung aber unvollständig. Besonders in neuerer Zeit tritt die Absicht auf, einen Canal, wie eine Eisenbahn, zu erbauen, plötzlich auf, und die Ausführung soll sogleich begonnen werden. Die zur Speisung nutzbaren Quellen kann man zwar leicht messen, aber

*) Vergl. Theil I. § 1 dieses Handbuches.

Die Resultate sind nicht maßgebend, wenn die Witterungs-
verhältnisse sich ändern und eine ungewöhnliche Dürre eintritt.
Nicht auf eine solche Dürre nicht abgewartet werden, so ist es noch am sicher-
sten, die Ausdehnung und Beschaffenheit des Quellengebiets
auf die geringste Ergiebigkeit der Zuflüsse zu schließen*).

In manchen Canal-Anlagen sind die erwähnten Untersuchun-
gen überflüssig, nämlich wenn aus größern Flüssen oder selbst
aus Bächen das Speisewasser entnommen wird. Dieses geschieht,
wenn die Canäle zur Seite eines nicht schiffbaren Flusses geführt
werden, oder vielleicht nur natürliche oder künstliche Hemmnisse
der Schiffahrt an einzelnen Stellen umgehen. Zuweilen verbindet
ein Canal zwei Stromgebiete, ohne eine dazwischen liegende
Höhe zu übersteigen, indem er von dem einen Strom zum andern
führt.

Dieses ist zum Beispiel der Fall beim Plauenschen Canal,
der von der Elbe nach der Havel führt, und durch erstere gespeist

wird. Doch traten auch hier zu Zeiten wesentliche Störungen ein,
da der Wasserspiegel der Elbe in trockner Jahreszeit so tief
fiel, daß die Schiffe die nächste Strecke nicht befahren konnten.
Man mußte daher dieser Canal durch den sogenannten Ihle-Canal
geführt und zur Seite der Elbe so weit aufwärts geführt werden,
daß der erforderliche Wasserstand sicher stets gehalten werden

konnte. Wo Scheitelsecten vorkommen, die nach beiden Seiten ab-
fallen, darf die in Rede stehende Frage nie unbeachtet bleiben,
ob man die Scheitelsecten verlegt, um so reichhaltiger werden
zu lassen. Wenn aber die Bergrücken oder die zwischen zwei
Gebieten liegenden Höhenzüge nicht hinreichend tiefe Einsen-
kungen haben, so bleibt nur übrig, für die Canäle sehr tiefe, also
sehr kostbare Einschnitte zu machen, oder vielleicht zu unterirdi-
schen Strecken sich zu entschließen. Letzteres ist in England und
Frankreich vielfach geschehen, aber nicht nur die Ausführung solcher
Strecken sehr kostbar, sondern auch der Verkehr auf denselben wird bei
solchen Strecken höchst beschwerlich und der Leinenzug durch
sie sogar unmöglich. Dieses soll später durch die am Canal
Saint-Quentin gemachten Erfahrungen nachgewiesen werden.
Wie groß der Bedarf an Wasser bei einem neu anzulegenden

* Theil I. § 6 und § 26.

Canal sein wird, ist schwer zu ermitteln. Am sichersten ist noch der Verbrauch zum Füllen der Schleusen festzustellen, muß man zu diesem Zweck schon wissen, wie groß die Zahl der durchgehenden Schiffe ist, und ob dieselben in gleich oder entgegengesetzter Richtung sich folgen. Welche Wassermenge durch Filtration und Verdunstung in trockner Zeit verloren geht, hängt freilich von der Beschaffenheit des Grundes, von der Höhe des Spiegels des Canals über dem Grundwasser, und von der mehr oder minder freien Lage ab, doch wird man hierüber leicht ein ganz sicheres Urtheil sich bilden können.

Es ergibt sich schon aus Vorstehendem, daß es vor allem darauf ankommt, der Scheitelstrecke die nöthigen Zuflüsse zu weisen. Die folgenden Strecken werden theils durch diese und theils bietet sich auch leichter Gelegenheit, denselben andere Quellen zuzuweisen. Aus diesem Grunde wird man bemüht sein müssen, dem Canal nur eine Scheitelstrecke zu geben, und von dieser, die nicht umgangen werden kann, ihn nach beiden Seiten bis zu den Strömen, welche er verbinden soll, fallen zu lassen.

Zuweilen leitet man die Quellen und Bäche, die das Wasser liefern, unmittelbar in den Canal, häufig ist dies nicht thunlich und alsdann muß man Zuleitungs-Canäle sogenannte Rigolen anlegen, die oft mehrere Meilen lang sind.

Indem die Reichhaltigkeit der Bäche nach den Jahren sehr verschieden und namentlich im Frühjahr größer als im Sommer, so hat man vielfach Reservoirs oder Sa Bassins von bedeutender Ausdehnung angelegt, in welchen Ueberschuß aufgenommen und später, so bald es nöthig, zur Ergänzung des Canals verwendet wird. Obwohl diese Fürsorge, leicht geschehn kann, gewiß zu empfehlen ist, so sind die angesammelten Wassermengen doch meist zu geringe, als während längerer Zeit dem Bedürfnis entsprechen könnten.

Von den sonstigen Einrichtungen und Anlagen, die bei Schiffahrts-Canälen vorkommen, ist im Allgemeinen wenig zu sagen.

Für die nöthige Wassertiefe, den darauf gehenden Wasserstand, muß gesorgt werden. Man bestimmt schon bei der Anlage eines Canals den Wasserstand, der in jeder von zwei bestimmten begrenzten Strecke dauernd gehalten werden soll,

Höhenlage der Sohle, oder die Tiefe der Ausgrabung ab-
Die Füllung jeder solcher Strecke und zwar aus der nächst
belegenen ist leicht möglich, wenn es der obersten oder
mittelstrecke nicht an Wasser fehlt.

besonders starken Niederschlägen, oder beim plötzlichen
von großer Schneemassen können aber Ueberfüllungen ein-
Strecken eintreten, in welchem Fall nicht nur für die Ab-
g gesorgt, sondern auch darauf Rücksicht genommen werden
daß möglicher Weise die betreffenden Schütze nicht schnell
geöffnet werden und alsdann das Wasser bis zur Krone der
Krinne ansteigt und diese überströmt, wobei die Dämme zer-
werden und die ganze im Canal enthaltene Wassermasse ab-
In solchem Falle treten nicht nur die äußersten Verwüstungen
offenen Bodenfläche ein, sondern der Canal wird auch auf
Länge entleert. Um diesen möglichen Uebelständen zu be-
oder sie auf das geringste Maas zu beschränken, werden
sehr kräftige Ableitungen vorgerichtet, die von selbst in
Zeit treten, sobald der Wasserspiegel eine gewisse Höhe er-
(hiervon war bereits im ersten Theile dieses Handbuchs § 19
de), theils aber erbaut man auch sogenannte Sicherheits-
die sich von selbst schließen, wenn eine merkliche Strö-
im Canal sich bildet, und die alsdann das dahinter befind-
Wasser zurückhalten.

Die Breite des Canals wird gewöhnlich nur so groß ange-
n, daß zwei beladene Schiffe bequem an einander vorbeie-
können. An solchen Stellen aber, wo Schiffe anlegen, ge-
bessers Maas nicht. Auch muß hin und wieder Gelegenheit
Drehn der Schiffe gegeben werden.

Die Anlage von Leinpfaden und zwar für Pferde und wo
auf beiden Seiten des Canals erleichtert wesentlich den
er und wird in England und Frankreich meist als dringend
angesehn.

Bei Auswahl der Linie wird man die durch den Canal zu ver-
den Punkte, soweit es geschehn kann, ohne zu große Um-
zu erreichen suchen, während man tiefe Einschnitte und noch
große Erhebungen über das umgebende Terrain vermeidet.

Bei Aufstellung eines Canal-Projects ist vorzugsweise der dar-
erwartende Verkehr zu berücksichtigen, also die Anzahl der

Schiffe, die Richtung der Frachten, die Zwischenpunkte, in der Verkehr zum Theil abbricht oder sich verändert, gleichen. In Bezug auf Wasserbedarf, Transportzeit und Erleichterung der Schiffahrt ist die Länge der Canäle, besonders die Anordnung der Schleusen, deren Gefälle, nämlich ein oder zwei Schiffe darin aufgenommen werden, ob einfache oder gekuppelte Schleusen zu erbauen sind, von wiegendem Einfluß. Im Folgenden wird hierauf hingewiesen sehr ausführlich sind diese Beziehungen von M. Comoy behauptet. Derselbe macht aber auch darauf aufmerksam, daß man, wenn man die Zeiten des stärksten Verkehrs berücksichtigen will, keineswegs im ganzen Jahr derselbe bleibt. Nach dem Durchschnitt, 1843 bis 1845, vertheilte sich auf dem Centre der Verkehr auf die verschiedenen Monate in folgen-

Januar	0,052
Februar	0,047
März	0,104
April	0,131
Mai	0,187
Juni	0,125
Juli	0,106
August	0,000
September	0,018
October	0,106
November	0,107
December	0,067
	<hr/>
	1,000

Während Juli, August und September fand die Sperrung die 60 bis 80 Tage anhielt, woher im Monat August der Verkehr vollständig unterbrochen war.

**) Principes généraux, d'après lesquelles on doit disposer les canaux au point de vue de leur fréquentation. In den Annales de chemins de fer. 1849. I. pag. 1.*

§ 81.

Wasserbedarf der Canäle.

Das Wasser, welches die einzelnen Canalstrecken füllt, erhält ein nicht dauernd, sondern wird sowohl beim Durchgange durch die Schleusen, als auch durch die Einwirkung des Lichts und der Atmosphäre vermindert. Wenn der Canal eine Wasserscheide geführt werden soll, wo nur mäßige Quellen seiner Speisung benutzt werden können, so ist es dringend schon vorher davon zu überzeugen, daß diese zur Erreichung des erforderlichen Wasserstandes genügen. Sollte dieses in den meisten Entwürfen nicht der Fall sein, welcher den sonstigen Verhältnissen am meisten entspricht, so muß man eine Anzahl und andre Höhenlagen der einzelnen Strecken aufsuchen.

Bei einer neuen Anlage muß man auch die Cultur-Veränderungen und deren mögliche Veränderungen, die vielleicht durch die Anlage selbst veranlaßt werden, nicht unbeachtet lassen.

Man beruhigt sich allerdings zuweilen, wenn man sieht, daß ein Canal nicht dauernd gespeist werden kann, mit der Erwägung, daß die Unterbrechung der Schifffahrt zur Ausführung der nothwendigen Reparaturen doch nicht zu umgehen ist, und gerade die größten Dürre sich hierzu am meisten eignet! Dagegen muß man zu erinnern, daß solche Reparaturen, welche eine Sperre auf mehreren Wochen erfordern, bei gehöriger Vorbereitung nicht in jedem Jahr wiederholen, und daß man außerdem die größten Wassermangels nicht bestimmt vorhersehen kann.

Bei Schifffahrts-Sperren muß man, um sie weniger störend zu machen, dem Publicum schon lange vorher anzeigen, und es ist zu erwarten, daß sich alsdann leicht, daß schon früher wegen Wassermangels die Schifffahrt unterbrochen war, oder daß derselbe auch noch nicht gehoben ist. Hierzu kommt noch der ungünstige Umstand, daß die größte und anhaltendste Dürre gemeinhin in die Zeit der Ernte fällt, also in diejenigen Monate, wo die Schifffahrt am lebhaftesten zu sein pflegt.

In einigen wenigen Canälen tritt ein entgegengesetztes Verhalten ein, indem nicht sowohl die Zuführung, als die Ablei-

ist die Filtration, deren Einfluss jedoch in so durch äussere Verhältnisse bedingt wird, dass ihr nicht entfernt mit einiger Sicherheit angegeben werden kann. Die Differenz zwischen dem Wasserspiegel des Canals und des Grundwassers bezeichnet die Druckhöhe, welche durch den Boden treibt, falls der Canal ganz in das Land geschnitten und nicht etwa durch Dämme eingeschlossen ist. Diese Druckhöhe ist aber sehr verschieden, je nach der Lage des Canals, und ist eine grössere Höhe nach anhaltendem Regen, als in der Dürre. Es bilden sich in dem Boden Anschwellungen, die als Wasserstrom, die aber wegen der vielfachen Hindernisse des Wassers sich weit langsamer verziehen. Interessante Beobachtungen, die Woltman in den Jahren 1793 an dem Stand des Grundwassers anstellte*) Der Beobachter war Cuxhaven, also eine niedrige Marschgegend, in der Nähe der See. Die achtjährigen Beobachtungen ergaben für jeden Monat die Höhe des Grundwassers über dem mittlern Meeresspiegel in folgender Art:

im Januar . . .	+	1,34	Fufs,
im Februar . . .	+	1,45	"
im März . . .	+	0,92	"
im April . . .	+	0,43	"
im Mai . . .	—	0,46	"
im Juni . . .	—	1,37	"
im Juli . . .	—	2,17	"
im August . . .	—	1,49	"
im September . .	—	1,18	"
im October . . .	+	0,10	"
im November . .	+	1,26	"
im December . .	+	1,17	"

Man sieht, dass die mittlern Werthe aus den achtjährigen Beobachtungen zwischen den Wasserständen im Februar und Juli von 3,62 oder nahe $3\frac{1}{2}$ Fufs zeigen. Am höchsten stand das Grundwasser im December 1797, nämlich 2,62 Fufs über dem mittlern Meeresspiegel, und es sank am tiefsten im Juli 1794, näm-

lich 3,01 Fufs darunter. Der Unterschied zwischen diesen Höhen beträgt 5,63 Fufs Hamburger Maafs oder 5 Fufs Rheinländisch.

Die Höhe über dem mittleren Stande der See hat Wolter nicht angegeben. Man kann aber wohl annehmen, dafs im Binnenlande, wo eine solche sehr constante Höhe in einem nahe liegenden Becken nicht statt findet, die Unterschiede sich gröfser herausstellen. Es ergiebt sich jedoch schon hieraus, wie verschieden die Wasserverluste in Folge der Filtration zu verschiedenen Jahreszeiten sind, und dafs sie bei anhaltender Dürre am gröfsten werden.

Anders verhält es sich, wenn das in den Boden eindringende Wasser nicht bis zum Grundwasser herabsinkt, vielmehr schon in geringerer Tiefe einen Ausweg zur Seite findet, durch welchen es leichter abfliefsen kann. Dieser Fall wiederholt sich sehr häufig und namentlich wenn das nebenliegende Terrain auf beiden, oder auf einer Seite niedriger ist, als der Wasserspiegel im Canal. Besonders wenn dieser sich zur Seite eines steilen Abhanges hinzieht, pflegen sich bedeutende Quellen daneben zu bilden, die nicht nur wegen des Wasserverlustes, den sie verursachen, nachtheilig sind, sondern auch in den nebenliegenden Aeckern und Wiesen Versumpfung erzeugen, oder andre Beschädigungen verursachen. Nach der ersten Füllung des Caledonischen Canals zeigten sich am Fufs eines Seitendamms so starke Quellen, dafs die herabdringende Wassermenge sogar ein Gebäude unterspülte und zerstörte.

Man sollte meinen, dafs die letzte Art der Filtration von den Witterungs-Verhältnissen ganz unabhängig wäre, insofern die Tiefe zu der das Wasser herabsinkt, unverändert dieselbe bleibt. Dies ist indessen, nach manchen Beobachtungen, nicht der Fall, vielmehr stellt sich auch hierbei in trockner Jahreszeit ein stärker Wasserverlust heraus. Minard erklärt diese Erscheinung dadurch dafs ein thonhaltiger Boden beim Trocknen sich zusammenzieht und zerklüftet, wobei die Fugen, durch welche das Wasser hindurchdringt, weiter geöffnet werden. Es ist indessen kaum anzunehmen, dafs an den Stellen, wo die Quellen liegen, wirklich ein vollständiges Austrocknen statt finden sollte.

Es läfst sich jedoch der Einflufs der Filtration von dem der Verdunstung nicht ganz trennen. Die verschiedenen Erdarten, insofern sie mehr oder weniger Sand enthalten, oder aus rein

bestehn, zieht das Wasser vermöge der Capillar-Attraction. Bis zu einer gewissen Höhe über dem Grundwasser, oft bis zur Oberfläche des umgebenden Terrains, werden sie das Wasser des Canals feucht erhalten. Sobald nun die Luft eine kräftige Verdunstung gestattet, so verflüchtigen sich Wassertheilchen, welche bis zur Oberfläche hinaufgestiegen sind, und in gleichem Maasse werden wieder andre Theilchen gezogen, und sonach veranlaßt auch die Filtration bei trockener Fütterung stärkere Wasserverluste, als wenn der mit Wasser gesättigte Boden die Feuchtigkeit nicht verliert, und vielleicht sogar durch hinzutretenden Regen noch vermehrt wird. Zu der Lustung kommt noch ein andrer Umstand, der die Filtration verstärkt. Dieses ist der Pflanzenwuchs. In gleichem Maasse, wie derselbe die Feuchtigkeit dem Boden entzieht, muß sich diese dem Canal ersetzen.

Die Beschaffenheit des Bodens hat endlich noch welchen Einfluß auf die Filtration. Je mehr freie Zwischenräume vorhanden sind, um so größer ist unter übrigens gleichen Umständen der Wasserverlust. Im festen Thonboden ist letzterer unbedeutend und oft gar nicht bemerkbar. Je mehr aber Sand beigemischt ist, um so leichter dringt das Wasser hindurch, und in dem, besonders in grobkörnigem Sande ist die Filtration sehr bedeutend. Am übelsten ist es aber, wenn die Canaldämme und der Untergrund aus Kies bestehn. Auch in klüftigem Gestein sind sich Wasserverluste, die zuweilen die dauernde Erhaltung des Wasserstandes im Canal unmöglich machen. So ist die eine englische Strecke im Canal von St. Quentin in so klüftigem Gestein ausgeführt, daß sie in wenig Stunden vollkommen trocken wird, und indem das Speisewasser während des Sommers nicht ausreicht, um diesen übermäßigen Verlust zu decken, so füllte man in jeder Woche nur einmal, und schloß sie sogleich an beiden Enden wieder ab, nachdem die Schiffe, die sich inzwischen davor sammelt hatten, hindurch gegangen waren. In neuerer Zeit ist es gelungen sein, die Quellen beträchtlich zu mäßigen. Der nördliche Theil dieses Canals verliert übrigens sein Wasser auch während noch so stark, daß bei unterbrochener Speisung der Wasserstand sich täglich um nahe 4 Fufs senkt. Noch auffallender ist dieser Beziehung der Seiten-Canal, der bei Hünningen den

Rhein-Rhone-Canal mit dem Rhein in Verbindung setzt, freilich nicht an hinreichendem Zuflusse fehlt, indem man die Wassermengen aus dem Rhein hineinleiten kann. Man fand an einem Tage der ganze Inhalt des Canals fünfunddreißig neut werden mußte, um den Verlust durch Filtration zu Der Untergrund besteht hier aus grobem Rhein-Kies.

Endlich wäre noch zu erwähnen, daß auch Maul Gänge zuweilen in einem guten Boden zum Entstehn von Veranlassung geben.

Ueber die Mittel, welche man zur Dichtung der Canäle wendet, soll später die Rede sein, es ergiebt sich aber aus stehendem, daß es unmöglich ist, die Größe des Wasserverlustes in Folge der Filtration auch nur annähernd zu bezeichnen. man nimmt, auf die Beobachtungen am Canal du Midi sehr willkürlich an, dieser Wasserverlust sei fünfmal so groß derjenige, der von der Verdunstung herrührt. Minard meinte gegen, man könne sehr zufrieden sein, wenn ein Canal in den nicht mehr als 1 bis 1½ Zoll an seiner Wasserhöhe durch der Filtration verliere. Doch gilt dieses wohl nur für die legene Canalstrecken.

Von der Filtration rührt auch der sehr starke Wasserverlust her, der in neuen Canälen bei der ersten Füllung eintritt, der bei ältern Canälen sich gleichfalls zeigt, wenn sie ein wenig hindurch trocken gelegen haben. Man hat in Frankreich beobachtet, daß Canäle, deren Sohlen durch Bétonbetten gedichtet waren, deren Seitenwände aus massiven Mauern bestanden, dennoch in den ersten 24 Stunden eine Senkung des Wasserstandes vor sich erfuhren. Offenbar ist dieser Verlust ohne Vergleich viel größer, wenn nur eine unbefestigte Sohle und Erd-Dossirungen das Bett bilden, und oft wird zur Füllung eines Canals das Wasser seines Rauminhalts gebraucht.

Die Filtration kommt nicht allein bei den Schiffahrts-Canälen selbst, sondern auch bei den Rigolen in Betracht, die die Wasser zuführen, und insofern man diesen kein starkes Gefälle geben mag, um die Bäche möglichst tief abzufangen, so tritt häufig der Uebelstand, daß die Wassermenge beim Durchfließen der Gräben sich wesentlich vermindert. Dieser Verlust ist theils von der Zeit abhängig, während welcher jedes

en darin bleibt, er ist daher um so gröfser, je kleiner die Windigkeit ist. Aus diesem Grunde darf man das Gefälle der Speisegräben nicht zu geringe annehmen, und bis zu einer gewissen Grenze ist es vortheilhafter, den Bach in gröfserer Höhe zu fangen, also eine geringere Wassermenge in den Graben zu lassen, als ein schwächeres Gefälle darzustellen, und dadurch den Verlust während des Durchfließens zu vermehren. Die Lösung der Aufgabe, bei welchem Gefälle die möglichst große Wassermenge aus dem Bach dem Canal zugeführt wird, ist nicht unmöglich, da man selbst durch eine Local-Untersuchung die Werthe der in die Rechnung einzuführenden Constanten nicht hinreichender Genauigkeit für jeden Fall wird bestimmen können. Es soll hier nur darauf aufmerksam gemacht werden, daß man nicht hoffen darf, alles Wasser, welches man den Speisegräben zuführt, in den Canal fließen zu sehen. Es ergibt sich aus dieser Betrachtung noch, daß die Zuflüsse aus Speisegräben, deren Reichhaltigkeit man beliebig verstärken kann, weniger verlieren, wenn man kürzere Zeit hindurch recht kräftige Wassermengen eintreten läßt, als wenn man ununterbrochen geringe Wassermassen abzieht. Die Geschwindigkeit in den Gräben bleibt auch in beiden Fällen nicht dieselbe, sondern verstärkt sich un-
ter im Verhältnisse zur Quadratwurzel aus der mittlern Tiefe. Durchläuft jedes einzelne Theilchen des verstärkten Stroms den Graben schneller, und erleidet einen geringern Verlust. Die Richtigkeit dieser Schlussfolge leuchtet ein, wenn man ein sehr schnelles Fließen voraussetzt, welches so geringe gedacht wird, daß das Wasser auf dem Wege vollständig in den Boden binein-
sickert, und sonach das Verhältniß der in den Gräben verbleibenden zu der heraustretenden Wassermenge unendlich klein ist.

Oben so wenig wie der Verlust durch die Filtration sich vorbestimmen läßt, kann man auch die Wassermengen angeben, die von einer Canalstrecke in die andre durch die Fugen zwischen Schleusenthoren, und zwischen diesen und den Schlag-
thoren und Thornischen abfließen. Dieser Verlust ist indessen rechnungsweise gegen andre ziemlich unbedeutend. Bei gehöriger Unterhaltung der Thore darf man ihn wohl, wie Minard an-

giebt, nicht höher, als auf den achten Theil eines Cubikfuß der Secunde anschlagen.

Nach den an mehreren französischen Canälen gesammelten Erfahrungen berechnet Hefs*) den Wasserverlust durch Verdunstung, Filtration und Undichtigkeit der Schleusen auf 1,2 bis 2 Cubikfuß in der Secunde und auf 1 deutsche Meile Länge. Der Unterschied zwischen beiden Grenzen beruht auf der tiefern oder höhern Lage des Canals gegen das umgebende Terrain und auf der Beschaffenheit des Bodens, wobei jedoch vorausgesetzt wird, daß dieser sehr durchlässig sei. Es wird hinzugefügt, daß bei sorgfältiger Dichtung der Verlust bis auf 0,54 ermäßigt werden kann, wie er bei Americanischen Canälen zuweilen sogar 3,70 beträgt.

Die Französischen Ingenieure nehmen gegenwärtig an, die erwähnten Verluste im mittlern Theil von Frankreich auf 1 Meter Canallänge sich täglich auf 650 Cubikmeter stellen. Es giebt für die Secunde und Meile 1,94 Cubikfuß.

Endlich kommt bei Ermittlung des Wasser-Bedarfs für einen Canal auch der Verbrauch beim Durchschleusen der Schiffe in Betracht, und dieser ist bei lebhafter Schiffahrt sehr bedeu- so daß er demjenigen durch die Filtration gleichkommt, der auch oft noch bedeutend übertrifft. Seine Größe läßt sich, wenn man die Schiffahrts-Verhältnisse kennt, genauer, als die Wasserverluste ermitteln, und es sind manche interessante Untersuchungen hierüber angestellt. Einige der wichtigeren Resultate namentlich auf die zweckmäßige Anordnung der Canalstrecken und der Schleusen von Einfluß sind, dürfen hier nicht umgangen werden.

Beim Durchgang eines Schiffes durch eine Schleuse sind verschiedene Wassermengen in Betracht zu ziehen, nämlich zuvörderst diejenige, welche erforderlich ist, um den Wasserstand in der Schleusenkammer vom Unterwasser bis zum Oberwasser zu heben. Man nennt sie die Füllmasse, und es ist klar, daß sie sich nicht ändert, wenn ein Schiff in der Schleuse sich befindet, oder nicht. Dieses taucht nämlich in das Oberwasser ebenso tief ein, wie in das Unterwasser. Sobald das Schiff aus der Schleusenkammer hinein, oder aus derselben herausgezogen wird, so füllt sich der leere Raum, den der eintauchende Theil

*) Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen. 1867. Seite 539.

es bisher einnahm, mit Wasser, und eine Wassermenge, die dem Gewicht des Schiffes gleich ist, wird aus der Kammer hinaus, oder in dieselbe hineingedrückt. Man nennt diese Flottmasse. Außerdem wäre noch diejenige Wassermenge zu erwähnen, welche sich in der Kammer befindet, während die Verbindung mit dem Unterwasser dargestellt ist. Diese kommt in Betracht, da sie bei einfachen Schleusen stets in der Kammer bleibt, auch bei gehörigem Gebrauch der Kuppelventile aus den Kammern nie abgelassen wird.

Zunächst mag der Durchgang eines Schiffes durch eine einfache Schleuse untersucht werden. M sei die Füllmasse, m die Flottmasse. Das Schiff komme aus dem Unterwasser, ein andres Schiff sei ihm in derselben Richtung vorangegangen. Es findet daher die Schleuse gefüllt. Ehe das Schiff hineingeht, muß diese entleert werden, daher fließt dem Unterwasser die Masse M zu. Indem aber das Schiff in die Schleuse fährt, es es noch die Masse m zurück, dem Unterwasser ist daher m zugeflossen. Sobald das Schiff in der Schleuse sich befindet, erfolgt die Füllung aus dem Oberwasser, und beim Herausgehen dieses fließt noch die Masse m in die Schlensenkammer. Verlust des Oberwassers ist daher eben so groß, wie der Gewinn des Unterwassers, nämlich $M + m$.

Wenn dagegen ein Schiff herabfährt, also aus dem Oberwasser in die Schleuse tritt, während wieder ein andres in derselben Richtung ihm vorangegangen ist, so stellt sich das Resultat etwas anders. Die Schleuse ist leer, d. h. die Kammer ist bis zur Höhe des Unterwassers abgelassen. Ehe das Schiff hineingeht, muß sie gefüllt werden, dem Oberwasser wird daher die Masse M entzogen. Sobald jedoch das Schiff in die Schleuse fährt, wird diesem wieder ein Theil, nämlich m zurückgedrängt. Der Verlust des Oberwassers beträgt daher nur $M - m$, und die weitere Rechnung ergibt leicht, daß der Gewinn des Unterwassers eben so groß ist. Die beim Auf- und Abgehen eines Schiffes hindurchgehende Wassermenge ist daher gleich $2 M$.

Die Resultate stellen sich günstiger, wenn die Schiffe abwechselnd in einer und der andern Richtung durch die Schleuse gehen. Ein Schiff sei herabgekommen, und es gehe ein andres aufwärts. Es findet daher die Kammer leer, und kann ohne Weiteres

hineingezogen werden. Indem dieses aber geschieht, so drückt die Masse m in das Unterwasser, darauf wird die Kammer gefüllt und sobald das Schiff herausfährt, drängt es in gleicher Weise noch die Masse m aus dem Oberwasser in die Kammer, das Oberwasser hat daher wieder $M + m$ verloren, aber das Unterwasser nur m gewonnen. Das nächste Schiff geht abwärts. Indem es aus dem Oberwasser in die schon gefüllte Kammer fährt, stößt es eine Wassermenge m zurück, so daß das Oberwasser statt eines Verlustes zu erleiden, sogar um die Masse m vermehrt wird. Das Unterwasser gewinnt dagegen beim Entleeren der Kammer die Füllmenge M , von aber beim Austreten des Schiffs wieder ein Theil, nämlich m , in die Kammer zurück gedrängt wird. Beim Herababsteigen verliert daher das Oberwasser m und das Unterwasser M gewonnen. Für beide in entgegengesetzten Richtungen durch die Durchgänge der Schiffe wird der Verlust des Oberwassers mit dem Gewinn des Unterwassers gleich, nämlich M .

Es ergibt sich hieraus zunächst, wie vortheilhaft es ist, die Schiffe abwechselnd aus dem Ober- und dem Unterwasser in die Schleuse treten zu lassen. Soviel es geschehn kann, werden die Schleusenwärter auch jedesmal hierzu angewiesen, aber die Verhältnisse gestatten dieses häufig nicht, vielmehr geschieht es gewöhnlich, daß zeitweise die große Mehrzahl der Schiffe in einer Richtung, und dann wieder in der andern bewegt wird. Einfach treten nämlich in diejenigen Canalstrecken, die unmittelbar mit den Flüssen in Verbindung stehn, gleichzeitig viele Schiffe, sämmtlich in gleicher Richtung den Canal durchfahren.

Es ergibt sich aus der vorstehenden Untersuchung, daß die Wassermasse m oder diejenige, deren Gewicht dem des Schiffs gleich kommt; beim Auf- und Abgange eines Schiffs aus der Schleuse fällt, daher bei Ermittlung des Wasserbedarfs für den Schiffsverkehr in beiden Richtungen unberücksichtigt bleiben kann. Dieses ist jedoch nur der Fall, wenn die Schiffe, während sie in einer Richtung fahren, eben so schwer beladen sind, als wenn sie zurückkommen. Findet dieses nicht statt, so behält die Wassermasse allerdings Einfluß. Indem ihre Größe sich nur unter gewissen Voraussetzungen nachweisen läßt, diese Voraussetzungen aber meist sehr unsicher sind, so kann hier nicht weiter gesehen werden. Es wäre nur der eine Fall zu erwähnen, 1

Wasserbedarf für das Durchschleusen der Schiffe sich sehr erhöht.

Wenn alle Schiffe leer herauf- und beladen herabgehn, wie nicht selten geschieht, namentlich wenn der Canal zum Transport der Producte des Bergbaues dient, so entspricht der Wasserbedarf m für die heraufgehenden Schiffe nur dem Gewicht der Ladung für die herabgehenden dagegen dem Gewicht der Ladung des Schiffes. Die Wassermenge, deren Gewicht dem des Schiffes gleich ist, sei m , und diejenige, die so schwer ist, wie die Ladung, gleich μ . Man muß alsdann in den oben gefundenen Werth des Wasserbedarfs für das herabgehende Schiff $m + \mu$ einführen. Nimmt man nun an, daß der Verkehr so eingerichtet ist, daß die Schiffe abwechselnd in der einen und der andern Richtung durch die Schleuse gehn, so ist der ganze Bedarf für den täglichen Durchgang gleich $M - \mu$, und derselbe wird gleich Null,

$$M = \mu$$

In der Wirklichkeit kommt dieser Fall niemals vor, denn die Schiffe auch eine solche Form haben, daß sie möglichst die Schleusenkammer füllen, und mit senkrechten Seitenwänden und spitziger Zuspitzung, also nahe kastenförmig gebaut sind, so daß ihr horizontaler Querschnitt doch immer merklich kleiner, als der der Schleusenkammer, bleiben, weil sie sonst nicht hineingebraucht werden könnten. Das äußerste Verhältniß dürfte etwa 5 : 6 sein. Bezeichnet nun h das Schleusengebiet und t die Tiefe, um welche das Schiff während der Beladung sinkt, so müßte

$$6 \cdot h = 5 \cdot t$$

Nähme man nun an, daß t gleich 3 Fuß wäre, oder das Schiff 3 Fuß tiefer ginge, als das leere, so dürfte das Gefälle doch nur $2\frac{1}{2}$ Fuß betragen, wenn der Wasserverbrauch beim Durchschleusen ganz aufhören sollte. Um diese Bedingung zu erreichen, wäre man gezwungen, das vorhandene Gefälle auf viele Schleusen zu vertheilen, und dadurch theils die Anlage- und Unterhaltungs-Kosten ansehnlich zu vergrößern, theils aber den Durchgang der Schiffe durch den Canal vielfach zu unterbrechen, und sehr zu verzögern.

Liegen mehrere Schleusen hintereinander, die auf gleiche Weise benutzt werden und unter sich gleich sind, so ist der Wasserbedarf der einen eben so groß, wie der der andern, und der Speisegraben darf nur so viel liefern, wie jede einzelne verbraucht. Hiernach kann man leicht den Wasserbedarf finden, der zur Speisung eines Canals mit Abhängen nach beiden Seiten erforderlich ist. Dieser Fall ist der wichtigste, insofern die Beschaffung eines hinreichenden Zuflusses nach der Scheitelstrecke, oder nach der Wasserscheide zwischen zwei Flußgebieten immer die größten Schwierigkeiten macht. Es mögen aber hierbei die verschiedenen Beladungen der einzelnen Schiffe nicht mehr berücksichtigt werden, da es sich im Allgemeinen nicht bestimmen läßt, ob die Schiffe beladen in der einen, oder der andern Richtung fahren. Auch ergibt sich bereits aus dem Vorstehenden, daß die von den Schiffen verdrängten Wassermassen m theils an sich bei den üblichen Schleusen-Gefällen von wenig Bedeutung sind, theils aber auch beim Hin- und Hergange der Schiffe, sofern sie dieselben bleiben, ganz aus der Rechnung fallen. Die nachfolgende Untersuchung soll sich daher allein auf die Wassermassen beziehen, die zum Füllen der Schleusenkammern erforderlich sind.

Wenn ein Schiff durch den Canal fährt, während ein andres ihm in gleicher Richtung vorangegangen ist, so findet dasselbe beim Ansteigen nach der Scheitelstrecke die sämtlichen Schleusen gefüllt. Es fließt aber jedesmal 1 M in das Unterwasser, und eben soviel muß das Oberwasser abgeben, um das Schiff in jeder Schleuse zu heben. Die Scheitelstrecke ist daher nichts andres, als das Oberwasser der letzten Schleuse, und verliert die Wassermasse M , sobald das Schiff sie erreicht hat. Auf dem andern Abhänge des Canals sind alle Schleusen entleert. Bevor das Schiff in die erste Schleuse hineintreten kann, muß diese daher gefüllt werden, oder die Scheitelstrecke muß wieder 1 M abgeben, und dieselbe Masse fließt beim Herabsinken des Schiffs in die nächste Strecke. Dasselbe geschieht in allen folgenden. Der Wasserstand ist sonach in allen einzelnen Strecken der beiden Abhänge derselbe geblieben, der er früher war, da in jedem dieselbe Masse hinzugekommen und abgelassen ist. Nur die Scheitelstrecke hat 2 M verloren.

Wenn dagegen das vorhergehende Schiff in entgegengesetzter Richtung gefahren war, so findet das folgende Schiff in allen Fällen den Wasserstand, den es zum Einfahren gebraucht. Wenn es ansteigt, fließt daher kein Wasser in die vorhergestreckte Strecke, wohl aber wird bei jeder Schleuse 1 *M* aus dem Canal entnommen, um das Schiff zu heben. Eben soviel Wasser in die Scheitelstrecke abgeben, sie erleidet aber keinen Verlust, während das Schiff die erste Schleuse des andern Abhanges erreicht, weil diese bereits gefüllt war. Der Inhalt dieser Schleuse fließt in die nächste Strecke ab, und dasselbe geschieht beim Uebergange durch jede folgende Schleuse. Die Scheitelstrecke hat in diesem Falle nur 1 *M* eingebüßt, während in jeder Strecke des ersten Abhanges eben soviel zugeflossen, und aus jeder Strecke des andern Abhanges eben soviel entnommen ist. Die Wasserstände auf beiden Abhängen haben sich daher etwas verändert.

Es ergibt sich sonach aus der Betrachtung des ganzen Canals folgendes Resultat, welches bei der einzelnen Schleuse sich schon geltend gemacht hatte, daß es nämlich vortheilhafter sei, wenn die Schiffe abwechselnd in entgegengesetzter Richtung fahren, als wenn sie nur in einer Richtung folgen. Nichts desto weniger tritt dieser Vortheil nicht in allen Fällen ein. Die letzte Untersuchung zeigte, daß bei abwechselnder Richtung der Schiffe die Canäle nicht denselben Wasserstand behalten, ihr Inhalt vielmehr bald eine Füllmasse Wasser vergrößert, und bald um eben soviel vermindert wird. Bei längern Strecken ist dieser Umstand von geringe Bedeutung, doch kann er von Wichtigkeit sein, wenn die Strecke nur kurz ist. Er verändert aber bei gekuppelten Schleusen vollständig das Resultat der frühern Betrachtung. Die Kammern einer gekuppelten Schleuse sind für diese Untersuchungen nichts anders, als besondere Schleusen, die aber zwischen zwei Canalstrecken haben, welche den Ueberschuß des zufließenden Wassers aufnehmen, oder den Bedarf zur Füllung der nächsten Kammer hergeben könnte.

Um eine nähere Prüfung des verstärkten Wasserbedarfs der gekuppelten Schleusen mag beispielsweise angenommen werden, daß ein Abhang des Canals mit einer solchen versehen ist, und zwar diejenige auf dem östlichen Abhange aus drei Kammern, diejenige auf dem westlichen aus zwei. Dieses Beispiel wird ge-

nügen, das ganze Verhältniß aufzuklären, und zur Herleitung der allgemeinen Regel dienen.

Es sei ein Schiff in der Richtung von Osten nach Westen gefahren, und ein zweites folge ihm. Dieses wird beim Aufsteigen alle Schleusen, sowie auch die drei zur gekuppelten Schleuse gehörigen Kammern gefüllt antreffen. Um das Schiff in die untere Kammer hineinbringen zu können, muß man den Inhalt derselben ins Unterwasser ablassen. Nachdem das Schiff darin ist, wird die untere Kammer aus der zweiten gefüllt, wodurch sich letztere entleert, so daß das Schiff in diese treten kann. In gleicher Weise gelangt es in die obere Kammer, und aus dieser in das Oberwasser der gekuppelten Schleuse. Die folgende Canalstrecke giebt also nur eine Füllmasse ab. In dem westlichen Abhange sind alle Schleusen entleert. Sobald das Schiff an die gekuppelte Schleuse kommt, muß aus dem Oberwasser derselben eine Füllmasse entnommen werden, um die obere Kammer zu füllen. Sobald es darin ist, fließt dieselbe Füllmasse in die zweite Kammer, und genügt hier, um den Durchgang des Schiffes zu bewirken. Man überzeugt sich aber leicht, daß, wenn die Schleuse auch noch mehr Kammern hätte, dieselbe Wassermasse den Durchgang durch alle vermitteln würde. Für den Fall, daß die Schiffe einander in derselben Richtung folgen, ist es daher ganz gleichgültig, ob gekuppelte oder nur einfache Schleusen im Canale liegen. Der Wasserverlust beträgt in beiden Fällen 2 *M*.

Wenn dagegen die Schiffe abwechselnd in entgegengesetzter Richtung fahren, so findet jedes Schiff die Schleuse in solchem Zustande, daß es sogleich hineingehn kann. Es mag wieder ein von Osten nach Westen gehendes Schiff betrachtet werden. Dasselbe tritt unmittelbar in die untere Kammer der gekuppelten Schleuse. Damit es aber in derselben gehoben werde, muß die Kammer gefüllt werden, und das dazu erforderliche Wasser läßt sich weder aus der nächsten, noch aus der dritten Kammer entnehmen, weil beide leer sind. Es bleibt daher nur übrig, dieses aus dem Oberwasser durch beide Kammern hindurchfließen zu lassen. Das Schiff gelangt alsdann in die zweite Kammer, während die obere wieder leer ist. Aus dem Oberwasser der Schleuse muß daher wieder eine Füllmasse abgelassen werden, und dasselbe geschieht endlich noch zum dritten Mal, während das Schiff vollends zur Höhe des Oberwassers ansteigt. Es ergibt sich augenschein-

in diesem Fall die Füllmasse so oft abgegeben werden, als die gekuppelte Schleuse Kammern enthält. Die davor liegende Canalstrecke kann diesen Verlust aber nicht tragen, wenn derselbe durch verstärkten Zufluss ersetzt wird, weil derselbe Verlust bei jedem Aufsteigen eines Schiffes unter denselben Verhältnissen immer wiederholt. Sollten aber vielleicht in demselben Canale mehrere gekuppelte Schleusen vorkommen, so würde die Voraussetzung, daß die zwischenliegenden Strecken hinlänglich Ausdehnung haben, um die ganze Wassermenge der einzelnen Schleusen aufnehmen oder abgeben zu können, der Mehrzahl der gekuppelten Schleusen auch von der andern benutzt werden und aus dem Oberwasser dürften nur so viel Füllmassen genommen werden, als diejenige gekuppelte Schleuse Kammern enthält, bei der diese Anzahl am größten ist. Nach dem gewählten Canale würde das Aufsteigen eines Schiffes im östlichen Abhänge drei Füllmassen erfordern, im westlichen dagegen nur zwei, also durchschnittlich zwei und eine halbe.

Im Herabgehn findet das Schiff alle Kammern gefüllt, daher kein Zufluss aus der Scheitelstrecke erforderlich. Es ergießen sich hier große Wassermassen in die untern Canalstrecken, welche in denselben befindlichen einfachen Schleusen nicht verbraucht werden, und die man durch die Schütze ablassen muß, um die Canäle zu entlasten.

Wenn sonach die Schiffe abwechselnd in entgegengesetzten Richtungen fahren, und der Canal in beiden Abhängen gekuppelte Schleusen hat, so findet man den durchschnittlichen Wasserbedarf, wenn man die Füllmasse mit dem arithmetischen Mittel aus den Zahlen multiplicirt, welche der größten Anzahl der in beiden Abhängen zu einer gekuppelten Schleuse verbundenen Kammern entsprechen. Bestehen die gekuppelten Schleusen jedesmal aus zwei Kammern, und befinden sich solche auf beiden Abhängen, so ist der Wasserbedarf eben so groß, wenn die Schiffe in einer oder in entgegengesetzter Richtung fahren. Er ist aber, wenn man öfters vorzukommen pflegt, schon bedeutender, als wenn der Canal nur mit einfachen Schleusen versehen wäre. Viel wichtiger wird aber das Verhältniß, wenn auch nur eine einzige gekuppelte Schleuse mehr als zwei Kammern hat.

Es ergibt sich hieraus der große Nachtheil der gekuppelten

Schleusen auf einem Canal, der nur mässige Zuflüsse hat, scheinlich tritt aber beinahe derselbe Uebelstand ein, wenn einfache Schleusen so nahe hinter einander erbaut, daß die stehenden Strecken nicht hinreichende Ausdehnung haben, oder mehrere Füllmassen aufnehmen, oder abgeben zu können, ohne daß das Wasser in nachtheiliger Weise ansteigt oder die Schiffahrt erforderliche Tiefe sich verliert. Die Frage, wie eine Canalstrecke sein muß, damit diese Nachteile eintreten, läßt sich unter Voraussetzung bestimmter Verhältnisse leicht beantworten. Der Canal sei beispielsweise im Wasser 60 Fuß breit, die Schleusenkammern dagegen 130 Fuß und 17 Fuß breit, und das Gefälle einer Schleuse betrage 8 Fuß. Der Werth einer Füllmasse wird alsdann 17680 Cubikfuß sein, wenn diese aber den Wasserspiegel des Canals nicht mehr einen Zoll heben oder senken soll, so muß die Länge der Strecke zwischen den Schleusen mindestens 3536 Fuß, oder etwas mehr als den siebenten Theil einer Meile betragen. Senkt sich der Boden so stark, daß man die einzelnen Strecken nicht so lang machen kann, so läßt sich dies durch Verbreiterung des Canals derselbe Vortheil erreichen. Man darf nämlich nur die Breite in demselben Verhältnisse vergrößern, wie die Länge der Strecke sich verkürzt. Könnte man vielleicht in dem gewählten Beispiel die Länge der Strecke zwischen den Schleusen nur halb so lang machen, als vorstehend angegeben ist, ergiebt sich, so würde man durch Verdoppelung der Breite denselben Vortheil erreichen, daß nämlich eine Füllmasse den Wasserspiegel nur um einen Zoll hebt. Auf dem Marne-Rhein-Canal wird dieses Mittel auf dem Abhange der dem Rhein zugekehrt gewählt, um den Wasserverlust beim Durchgange der Schiffe, die hier ziemlich nahe belegenen Schleusen nicht zu groß zu lassen.

Bei der verschiedenen Länge der einzelnen Canalstrecken und der Verschiedenheit ihrer Wasserverluste durch Filtration, auch bei der unvermeidlichen Unregelmäßigkeit des Schiffbetriebes kann es nicht fehlen, daß einzelne Strecken eine besondere Speisung erfordern, als andre. Das dazu nöthige Wasser wird zwar oft Bäche, die man hier einleiten kann, doch bietet es zu auch oft keine Gelegenheit, und man muß alsdann

Speisung durch Ziehen der Schütze in den davorliegenden
en bewirken. In gleicher Weise wird auch gemeinhin der
zufluß an Wasser, der in einzelnen Strecken sich darstellt,

an einem Theil des Canals du Centre, wo die Schleusen sehr
oben einander liegen, war die Füllung der Strecken wegen des
schmälsigen Wasserverbrauches besonders schwierig,
da die Wärter nicht die gehörige Aufmerksamkeit hierauf
setzten, so wurde die Schifffahrt zuweilen wesentlich verhindert.
Führte daher neben dem Canal noch eine besondere Anlage
um wenigstens ein übermäßiges Anschwellen des Wassers in
einzelnen Strecken verbinderte. Es wurde nämlich ein Seiten-
graben, der mit jeder Strecke in offner Verbindung stand,
unmittelbar hinter jeder Abzweigung eines solchen Verbindungs-
grabens mit einem Wehr versehen war, welches den Wasser-
factor normirte. Wenn nun in eine Strecke so viel Wasser
kam, daß der normale Wasserstand überschritten wurde,
so ein Theil über das Wehr im Seitengraben nach der
nächsten Strecke ab. War diese aber schon gefüllt, so setzte es
das folgende Wehr seinen Weg weiter fort. Das Speise-
wasser wurde auch nicht mehr unmittelbar in den Canal, sondern
im Seitengraben geleitet, und dieser führte es in diejenigen
Strecken, die dessen bedurften. Diese Einrichtung wurde als
zweckmäßig anerkannt.

Der Wasserbedarf für das Durchschleusen der Schiffe ist nach
erfolgender Untersuchung durch ein gewisses Vielfaches der
Größe ausgedrückt, man kann daher den Bedarf vermindern,
wenn man den Werth der Füllmasse verringert. Diese ist
das Product aus dem horizontalen Querschnitt der Kammer in das
Stromengefälle. Der erste Factor ist durch die Größe der Schiffe
bestimmt, kann also nicht willkürlich vermindert werden, dagegen ist
das Stromengefälle beliebig zu wählen, da man eine gegebene
Strommenge auch mittelst Schleusen von geringem Gefälle ersteigen kann,
wobei ihre Anzahl in demselben Verhältniss vergrößert wird, wie
das Gefälle sich verkleinert. Bei sparsamen Zuflüssen verdient
dieser Umstand allerdings berücksichtigt zu werden, und es wäre
sehr unpassend, wenn man in solchem Fall Schleusen mit

sehr starkem Gefälle erbauen wollte. Man darf indessen nicht unbeachtet lassen, daß durch die Vermehrung der Anzahl der Schleusen auch die Anlage- und Unterhaltungskosten wesentlich gesteigert, und zugleich die Fahrten verzögert werden.

Die Seiten-Bassins an den Schleusen, von denen oben (§. 75) die Rede war, haben keinen andern Zweck, als das ganze Gefälle in mehrere kleinere zu zerlegen, wodurch die Füllmasse, und in gleichem Verhältniß der Wasserbedarf vermindert wird. Die eben erwähnten Uebelstände, welche bei der Vertheilung des Gefälles auf eine grössere Anzahl von gewöhnlichen Schleusen eintreten, zeigen sich zwar auch bei ihnen, doch bieten sie Gelegenheit, die Verzögerung nur eintreten zu lassen, wenn die Zuflüsse zum Canal sich vermindern. Man kann nämlich bei hinreichender Wassermenge die Seitenbassins abschliessen und die Schleuse in derselben Art, wie gewöhnliche Schleusen gebrauchen, also die Schiffe schnell befördern. Wenn aber in trockner Jahreszeit die Speisung hierzu nicht mehr genügt, so kann mit Hülfe der Seitenbassins die Schifffahrt dennoch erhalten werden, wenn es auch nicht möglich ist, ihr noch dieselbe Bequemlichkeit, wie früher zu bieten.

Nachdem die verschiedenen Ursachen des Wasserverlustes behandelt sind, mag noch die Grösse des ganzen Wasserbedarfs zur Zeit der größten Dürre für einen bestimmten Canal gesucht werden. Derselbe mag in der Scheitelstrecke durch einen Graben, der aus einem Reservoir das Wasser erhält, gespeist werden. Dieser Zufluß versorgt zugleich die nächst anliegenden Strecken auf beiden Abhängen, bis man in grösserer Tiefe andre Bäche dem Canal zuleiten kann. Die Gesamtlänge derjenigen Strecken, die keinen weitem Zufluß erhalten, als den in die Scheitelstrecke mündenden Graben betrage 4 Meilen. Der Canal sei im Wasserspiegel 50 Fufs breit. Die Schleusenkammern seien 100 Fufs lang und 16 Fufs breit, und die Niveaudifferenz zwischen Ober- und Unterwasser in jeder Schleuse 8 Fufs. Endlich werde angenommen, daß in jedem Tage 20 Schiffe den Canal passiren, die eben so oft einander folgen, als sie sich vor einer Schleuse kreuzen. Jedes Schiff bedarf daher zu seinem Durchgange durch den Canal $1\frac{1}{2}$ Füllmassen.

Hieraus ergibt sich der tägliche Wasserbedarf in folgender Weise:

1) Der Verlust durch Verdunstung

$$4 \cdot 24000 \cdot 50 \cdot \frac{1}{12} \cdot \frac{1}{6} = \dots \dots \dots 66667 \text{ Cubikfuß}$$

2) Dergleichen durch die Filtration, wenn diese den Wasserstand täglich um 1 Zoll vermindert,

$$4 \cdot 24000 \cdot 50 \cdot \frac{1}{12} = \dots \dots \dots 400000 \quad "$$

3) Der Abfluß durch die geschlossenen

$$\text{Schleusenthore } \frac{1}{4} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 = \dots \dots 21600 \quad "$$

4) Der Bedarf zum Durchschleusen der

$$\text{Schiffe } 1\frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 16 \cdot 8 \cdot 20 = \dots \dots 384000 \quad "$$

Summe 872267 Cubikfuß.

Es ist daher erforderlich, daß in der Secunde 10,1 Cubikfuß zufließen. Das Gebiet, auf dem diese Quellen gesammelt werden, muß jedenfalls mehrere Quadratmeilen enthalten, und um so größer sein, je weniger Waldungen darin vorkommen, und je mehr es sich in gutem Culturzustande befindet.

§. 82.

Wahl der Canallinie.

Wenn das Project zu einem neuen Canal aufgestellt werden soll, so sind die beiden Endpunkte desselben durch den Zweck der ganzen Anlage gegeben. In einzelnen Fällen wird jedoch nur die Verbindung zweier Ströme beabsichtigt, und dem Baumeister, der mit den Vorarbeiten beauftragt ist, bleibt es überlassen, diejenige Linie aufzusuchen, welche die wenigsten Anlagekosten bedingt und die größte Sicherung des Verkehrs verspricht. Dagegen geschieht es auch zuweilen, daß die Aufgabe noch bestimmter gefaßt, und Zwischenpunkte bezeichnet werden, über welche der Canal gezogen werden muß. Dergleichen Bestimmungen können überaus störend sein, und Veranlassung geben, daß der Canal mit wesentlichen Mängeln behaftet bleibt, die durch eine andre Linie zu vermeiden gewesen wären. Minard führt in dieser Beziehung mehrere Canäle Frankreichs als Beispiele an.

Die verschiedenen Umstände, die bei der Wahl der Linie berücksichtigt werden müssen, sind zum Theil bei allen Canälen die-

selben, mögen diese entweder nur auf kurze Strecken neben dem schiffbaren Fluß gezogen sein, etwa um ein Wehr zu umgehen, oder mögen sie nach einem vom Fluß entfernten Orte führen, oder aber die Verbindung zwischen zwei schiffbaren Strömen darstellen; zum Theil aber erhalten sie ihre Bedeutung nur in dem letzten Fall, wenn nämlich der Canal über eine gelegene Wasserscheide zwischen zwei Stromgebieten geführt werden soll.

Die Wahl der Linie wird vorzugsweise durch die Beschaffenheit des Terrains bedingt, also durch das dem Canal zu Grunde liegende Längenprofil, und indem man sich für eine gewisse, durch die Horizontal-Projection bezeichnete Linie entscheidet, so ist auch das Längenprofil des Canals, also die Höhenlage der Scheitelstrecke und die Vertheilung der Schleusen und deren Gefälle ungefähr gegeben.

Der Canal besteht aus einzelnen Theilen, die mit stehendem Wasser gefüllt, horizontale Wasserflächen bilden, und durch zwischliegende Schleusen von einander getrennt sind. Man nennt diese Theile Canalstrecken oder Haltungen. Die höchste der Strecken, die auf der Wasserseite liegt, und an welche sich die beiderseitigen Abhänge des Canals anschließen, heißt die Scheitelstrecke. Jede Canalstrecke wird von der nächst oberhalb belegenen Wasserseite gespeist, wozu die Seitenzuflüsse kommen, die hineingeleitet und mit zur Speisung benutzt werden. Hierauf ist es indessen meist weniger an, und der schwierigste Theil der Arbeit besteht gewöhnlich darin, der Scheitelstrecke die erforderliche Wassermasse zuzuweisen.

Besteht die Wasserscheide aus einer sumpfigen Ebne, oder vielleicht noch Seen liegen, so ist die Linie, die sich zum Uebergang am meisten eignet, leicht zu finden. Man darf nur den höchsten Rücken der Wasserscheide durch ein Nivellement verfolgen, und die tiefste Einsenkung darin aufsuchen. In solchen Fällen findet der Canal den passendsten Uebergang, und hier durch die Quellen der höherliegenden Theile der Wasserscheide gespeist werden kann, und außerdem ist es auch vortheilhaft, die Scheitelstrecke möglichst niedrig zu halten, weil dadurch die geringste Anzahl von Schleusen in den beiderseitigen Abhängen bedingt wird.

Auch in dem Fall, daß ein hoher Gebirgskamm

Stromgebiete von einander trennt, pflegte man sonst in ähnlicher Weise zu verfahren, doch war alsdann die Schwierigkeit in der Speisung der Scheitelstrecke immer sehr groß, und man sich gezwungen, Reservoirs in den höhern Thälern anzulegen, und diese durch lange Zuleitungsgräben mit dem Canal in Verbindung zu setzen, wodurch indessen, wie bei dem Canal der Zweck dennoch nur höchst unvollständig erreicht wurde. Sind unterirdische Canalstrecken vielfach ausgeführt, so wähle daher für den Canal nicht mehr die Stelle auf, wo der Fluß am niedrigsten, vielmehr wo er am schmalsten war, wo er so mit dem kürzesten Stollen ihn durchschneiden konnte. Das Verfahren bietet den überwiegenden Vorzug, daß die Canalstrecke niedriger bleibt, also ihre Speisung in höhern Gegenden gesichert ist, auch die Anzahl der Schleusen in den beiderseitigen Abhängen sich vermindert.

Bei Aufsuchung des Uebergangspunktes kommt es indessen nicht allein auf die Form des Kammes, sondern auch auf die Beschaffenheit der Thäler an. Man ist gezwungen, beim Ansteigen eines Gebirges die letztern zu verfolgen, weil sonst die Anlage wegen der Unebenheiten des Bodens zu schwierig wäre. Das Thal eines Gebirges gewährt immer die wesentliche Erleichterung, daß das Gebirge wenn auch bald stärker, bald schwächer, doch dauernd nach derselben Thalseite gekehrt ist, ein abwechselndes Steigen und Fallen also nie vorkommt. Außerdem sind diese Gefälle, obwohl sie unter sehr bedeutend sind, doch mit denjenigen nicht zu verwechseln, die man antreffen würde, wenn man etwa auf dem kürzesten Wege den Kamm ersteigen wollte. Dazu kommt noch, daß die Stellen zur Ausführung der Seitendämme erforderlichen Bodens in Gebirgsgegenden nur in den Thälern antrifft.

Hiernach dürfte es scheinen, daß besonders solche Stellen für den Uebergang sich eignen, wo auf beiden Seiten des Kammes Thäler liegen, deren Thäler normal gegen die Richtung des Gebirges gekehrt sind, also ungefähr in eine gerade Linie fallen können. Indessen häufig noch günstigere Verhältnisse vorfinden, wenn aus derselben Stelle des Kammes zwei Quellen entspringen, auf jedem Abhange eine, die sich nicht sogleich in die Tiefe stürzen, vielmehr zunächst zur Seite des Kammes und mit demselben parallel, und in gleicher Richtung fließen.

Je länger sie diese Richtung behalten, um so tiefer werden Thäler, und um so größer ist die Wassermenge, die sie speisen. Wenn man daher möglichst weit abwärts die Verbindung der beiden darstellt, ehe sie stark divergiren, so hat man die Strecke schon um so tiefer verlegt und deren Speisung gesichert.

Die Betrachtung einer Charte, welche die beiden Thäler des Gebirges darstellt, wird schon zu einem ungefähren theil über die passendste Wahl der Uebergangsstelle führen, doch erkennen lassen, wo man solche mit einigem Erfolg suchen darf. Alsdann ist die specielle Untersuchung des Terrains verbunden mit ausgedehnten Nivellements vorzunehmen, und die erhaltenen Resultate muß man so übersichtlich zusammenstellen, daß man die Höhenlage der einzelnen Punkte mit hinreichender Genauigkeit entnehmen kann. Dieses geschieht am zweckmäßigsten, indem man horizontale Ebenen in gleichen Abständen, wie z. B. 10 Fufs über einander legt, und die Durchschnittslinien durch das Terrain aufsucht, und diese in die Situations-Charte trägt, (I. Theil §. 24). Diese Methode zur Bezeichnung der Gestalt des Terrains ist heutiges Tages so bekannt, daß eine nähere Beschreibung bedarf.

Die Charte, welche in solcher Art die Situation darstellt, gewährt vollständige Uebersicht der Höhen-Verhältnisse, kann daraus unmittelbar ersehen, an welchen Stellen der Berg in den verschiedenen horizontalen Ebenen am schmalsten ist, und die nähere Untersuchung der Charte, die jedenfalls die beiden Thäler noch hinreichend umfassen muß, bietet vorzugsweise die nöthigen Unterlagen, um die Stelle zu erkennen, die am passendsten zum Uebergange eignet. Man wird aber immer zu sein, die Scheitelstrecke so viel wie möglich zu senken. Die Charte gestattet außerdem ein sicheres Urtheil über die Richtung des Canals in die Thäler, die er verfolgen soll. Zu vermeiden Krümmungen müssen dabei vermieden werden, doch darf hierbei nicht entfernt so weit gehn, wie bei Eisenbahnen, indem es nur darauf ankommt, daß die Schiffe bei langem Laufe noch ungehindert die Krümmungen durchfahren können, wenn sie darin auch sich begegnen sollten. Der kleinste Krümmungshalbmesser für die Mittellinie des Canals ist, daß

stärker, und namentlich durch die Länge der Schiffe bedingt. In französischen Canälen vermindert man diesen Halbmess oft bis 10 Fusa, das Doppelte würde gewiss für alle Fälle zulässig. Mäßige Krümmungen sind ohne Nachtheil, da alsdann der Canal nur wenig länger, als seine Sehne ist, sollte aber besorgt werden, daß der Durchgang der Schiffe erschwert werden könnte, was sich dieser Uebelstand oft durch Verbreitung solcher Stellen zu beseitigen.

Endlich läßt sich aus der Charte auch leicht die Ausdehnung der Scheitelstrecke bestimmen. Man muß, so weit es thun kann, vermeiden, den Canal über die Oberfläche des umliegenden Terrains zu legen, weil alsdann die Filtration viel stärker ist. Ganz besonders ist diese Rücksicht in der Scheitelstrecke von vorwiegender Wichtigkeit, indem hier das Speisewasser am meisten zufließt, und es am meisten an einer guten Erde zum Durchdringen der Seitendämme zu fehlen pflegt. Dagegen ist es auch notwendig, der Scheitelstrecke eine bedeutende Länge zu geben, die zugleich als Reservoir dient, und die Wasserverluste bei ungleichmäßigen Durchschleusen der Schiffe einigermaßen ausgleichen werden.

Die Wahl der Uebergangsstelle über die Wasserscheide ist keineswegs allein durch die Gestaltung des Gebirges und der anschließenden Thäler bestimmt. Von besonderer Wichtigkeit ist dabei die Menge des Speisewassers, die man mit Sicherheit herbeiführen kann. Wie man das zur Speisung nöthige Wassermengen annähernd bestimmt, ist bereits im vorigen Paragraph erwähnt worden, die Messung der Reichhaltigkeit der Bäche ist zwar in den Theil I. §. 16 und Theil II. §. 15 angegebenen Methoden schwierig, doch muß man dieselbe zu verschiedenen Zeiten, namentlich auch während anhaltender Dürre wiederholen. Zudem ist es aber auch nothwendig, den Ursprung der Quellen zu verfolgen, und die Ausdehnung der Fläche, worin sie sich bilden, oder das Gebiet des Baches kennen zu lernen. Dabei ist es darauf an, ob dieses Gebiet bewachsen oder kahl ist, im ersten Falle, ob zu besorgen steht, daß die Waldungen oder das Buschwerk vielleicht ausgerodet werden, wozu die durch den Canal erleichterte Verbindung selbst Veranlassung geben kann. Vortheilhaftesten ist es, wenn ausgedehnte Sümpfe den Canal

man. weil solche ein Reservoir bilden, worin sich das Wasser aus den Niederschläge ansammelt, und woraus es fließt, als unter andern Bodenverhältnissen abfließt. Bei diesen Sümpfen aber unmittelbar neben dem Canal, und auch in denselben einen tiefern Wasserstand dar, so gibt es keine Veranlassung zur Senkung des Grundwassers. und man wird im ursprünglichen Zustande einen überreichen Wasserstand und zwar nachhaltig zu versprechen schien, trocken aus, und die von ihm erwartete Speisung höher, weil der Sumpf aber auch weiter entfernt liegt, und eine directe Einwirkung des Canals auf ihn nicht besorgt werden muß. Es bleibt dennoch zu untersuchen, ob eine Melioration und Besserung dieser Sumpffläche vielleicht zu erwarten ist.

Sollte es sich ergeben, daß der Wasserreichthum der Sumpfe unmittelbar neben der Scheitelstrecke sich befinden, so mag es bei möglichen Aenderungen der Culturverhältnisse vermindern kann, daß er dem Bedürfnis nicht mehr entspricht. Es wird man zunächst zu untersuchen haben, ob vielleicht Bäche in der Nähe sind, die man herbeileiten kann. Alsdann werden vielleicht Rigolen oder Speisecanäle erforderlich, für welche bereits erwähnt, der Verlust durch Filtration nicht unberücksichtigt zu sein darf. Je höher man diese Bäche abfängt, desto größer die Wassermenge, die der Speisegraben aufnimmt, desto größer ist auch sein Gefälle und die Geschwindigkeit des fließenden Wassers.

Es gibt sich entferntere Bäche, die man nach der Scheitelstrecke herleiten kann, nicht vor, oder ergänzen sie die Wassermenge nicht zu dem erforderlichen Maas, und zwar zur Zeit der Dürre, so muß man untersuchen, ob vielleicht Reservoirs zu Reservoirs einrichten lassen, in welche Bäche bei heftigem Regen während des Sommermonats aufgefangen werden können, die man in der Dürre abgeben kann. Es ist bereits erwähnt worden, daß man bei diesen Anlagen nicht zu hoch anschlagen darf. In diesen Reservoirs, theils durch Verdunstung und theils durch die Kultur pflegen sehr groß zu sein, und in den Bächen, die das Wasser aus ihnen dem Canal zufließt, tritt wieder ein Verlust durch die Filtration ein, der gerade

ender ist, und sich auch im Lauf der Zeit nicht vermindert, darin nur reines Wasser fließt, welches keine erdigen Theile enthält, die nach und nach die Zwischenräume füllen und endlich die Seitenwände und die Sohle des Grabens ausdichten.

Es sich keine Uebergangs-Stelle über die Wasserscheide, wobei die erwähnten Mittel zur Beschaffung des nöthigen Wassers genügen, selbst wenn man zu einer unterirdischen Leitung mäßiger Länge sich entschließen wollte, so müßte man solchen Schleusen oder geneigten Ebenen seine Zuflucht nehmen, die wenigstens den Wasserverlust beim Durchschleusen so weit als möglich vermindern oder denselben ganz aufheben. Es bleibt aber noch die Möglichkeit, die Scheitelstrecke mit einem kräftigen Pumpwerk mit Wasser zu versehen. Es giebt ein Beispiel, daß ein Canal gleich nach der ersten Anlage der ersten Art gespeist wäre, oder daß man dieses Mittel ursprünglich beabsichtigt hätte, aber wenn bei zunehmendem Verkehr vielleicht auch in Folge andrer Ursachen dem Canal nicht die erforderliche Wasser zufließt, so bietet eine kräftige Maschine, die dieses aus tiefern und reichlich gespeisten Quellen hebt, am einfachsten die Gelegenheiten, den Canal im besten Zustande zu erhalten. Endlich könnte man, wie auf amerikanischen Canälen geschieht, die Ueberführung der Wasser über einen wasserarmen Bergrücken auch durch eine Eisenbahn vermitteln.

Die Beurtheilung des passendsten Uebergangs über die Wasserscheide wäre noch der geognostischen Untersuchung des Gebirges zu erwähnen. Dieselbe dient theils, um die Schwierigkeiten vorher kennen zu lernen, welche bei der Ausführung tiefer Gräben oder eines Stollens zu erwarten sind, vorzugsweise aber besonders starke Filtration zu vermeiden, die bei manchen Gebirgsarten eintreten.

Wenn man nach solchen Untersuchungen die passendste Stelle der Scheitelstrecke ermittelt, so kommt es darauf an, die Mittel- und Seiten-Canals bestimmt anzugeben, auch die Endpunkte für die Schleusen oder die Lage der beiden sie begrenzenden Schleusen zu bestimmen. Für den Theil, der unterirdisch geführt wird, giebt es, wie nicht etwa verschiedene Gebirgsarten vorkommen, keine

andere Rücksicht, als daß er möglichst kurz sein muß. In offenen Strecken sind dagegen die Erhebungen oder Vertiefungen des Bodens und dieselben Umstände als maßgebend zu betrachten, die auch weiter abwärts die Wahl der Canallinie bedingen. In diesen wird in Folgendem die Rede sein. Hier wäre nur zu merken, daß die erwähnte Aufnahme der Situation zur weiteren Bearbeitung des Projects noch nicht genügt, vielmehr die Canallinie mit ihren nächsten Umgebungen, sobald sie im Terrain aufgefunden ist, noch speciell vermessen und nivellirt werden muß, um ihre Lage den örtlichen Verhältnissen entsprechend überall zu berichtigen, und die Kosten für Erdarbeiten zu ermitteln.

In den beiderseitigen Abhängen kommen zunächst die Seitenbäche in Betracht. Es ist bereits nachgewiesen worden (§ 8), daß das Gefälle, welches sie erhalten, einen großen Einfluß auf den Wasserbedarf ausübt. Wenn letzterer daher nur mäßig ist, rechtfertigt es sich, auch die Schleusengefälle nicht zu groß zu nehmen, bis andere Bäche in die weiter abwärts belegenen Strecken geleitet werden können. Durch Einführung gar zu kleiner Gefälle vermehrt man aber die Anzahl der Schleusen in nachtheiliger Weise, wodurch die Anlage- und Unterhaltungskosten vergrößert und der Durchgang der Schiffe verzögert wird. Der Umstand, daß die einzelnen Canalstrecken in diesem Fall kürzer werden, ist von geringer Bedeutung, weil das Verhältniß der Füllmasse bei Verkleinerung des Schleusen-Gefälls, zur Länge der einzelnen Strecken, als Querschnitts-Oberfläche des darin enthaltenen Wassers, dasselbe bleibt.

Daß an solchen Stellen, wo Wassermangel zu besorgen ist, keine Kuppelschleusen angelegt werden dürfen, und sehr breite Strecken angemessen verbreitet werden müssen, ist bereits erwähnt. Die Regel, daß die sämtlichen Schleusen bis zum nächsten Seiten-Canal einander gleich sein müssen, um für alle Strecken gleiche Füllmassen zu erhalten, ist nur unter der Voraussetzung begründet, daß der sonstige Wasserverlust in diesen sämtlichen Strecken derselbe ist, auch die Schiffe sie gleichmäßig durchfahren. In diesem Falle ist dieses nicht der Fall, und tritt in den abwärts belegenen Strecken ein stärkerer Verbrauch ein, als in der obern, so ist man genöthigt, in den obern Schleusen die Schütze zu ziehen, um den Wasserspiegel der folgenden Strecke zu heben. Wenn es daher erforderlich ist, daß durch die hintereinander liegenden Schleusen ein

Massen abgeführt werden müssen, so wird eine vollständigerer Abfluss derselben durch Einführung ungleicher Gefälle nützlicher als wenn man in den obern Schleusen große Massen unberührt lassen lässt. Besonders in solchen Fällen, wo eine große Strecke keinen neuen Zufluss erhalten kann, dürfte diese Weise leicht eine Schleuse entbehrlich werden.

Sobald man weiß, welche Gefälle die Schleusen erhalten, so ergibt sich hieraus bei der bekannten Abdachung der Strecke die Länge der einzelnen Strecken. Die Stellen, wo Schleusen zu erbauen sind, müssen indessen mit Vorsicht ausgewählt werden, damit ihre Erbauung und namentlich ihre Gründung nicht zu viele Kosten verursacht, auch ein starkes Durchströmen aus dem Oberwasser nach dem Unterwasser nicht besorgt werden darf. Außerdem hängt die Höhenlage des Canals häufig von andern äußern Umständen ab, wozu namentlich die Straßenlage zu rechnen sind, sowie auch zuweilen Gebäude, Gärten u. dgl.

Sobald in dieser Beziehung gewisse Bedingungen gestellt sind, muß derselben durch angemessene Verlegung der Schleusen entgegen kommen werden.

Gewöhnlich verlegt man die Schleusen an solche Punkte, wo das Terrain um die Höhe des halben Schleusengefälles unter den Wasserspiegel sich senkt. Hiernach liegt das Oberwasser neben der Schleuse eben so hoch über dem Terrain, wie das Unterwasser unter. Die Regel leidet indessen vielfache Ausnahmen, die zum Theil durch die Beschaffenheit des Bodens bedingt werden. Man muß, wenn starke Filtration zu besorgen ist, die Schleuse schon etwas aufwärts verlegen, um die Erhebung des Wasserspiegels im angrenzenden Terrain zu vermeiden. Es kommt dabei auch das Seitengefälle der Thäler in Betracht.

Setzt man den Canal zur Seite, also auf den flach ansteigenden Rand des Thals, oder auf den Fels der Seitenwand, so ist er vor dem Angriff des Baches zur Zeit der Anschwellungen gesichert, als wenn er in größerer Nähe desselben läge, die Gefahr, daß er das Profil des letztern beschränken möchte, ist doch in geringerem Maasse ein. Man erreicht überdies den Vortheil, daß man wegen der größern Höhe des Canals die von ihm hinzutretenden Bäche unter ihm hindurch dem Hauptbach zuführen kann. Selbst wenn es nöthig werden sollte, den Canal

von dem einen Ufer nach dem andern zu führen, so ist die des Brückencanals um so leichter und um so sicherer, in je g Höhe derselbe gehalten wird. Dagegen ist nicht zu ver daß der Fuß der Thalwände fast niemals gleichmäfsig vielmehr sich bald zurückzieht, und dann wieder vorspring kann daher diesen nicht vollständig verfolgen, ohne den übermäfsig zu verlängern, der dennoch stellenweise über Thalsole geführt, also mit Dämmen eingeschlossen wird. Dabei kommt auch noch der Umstand in Betracht, daß birgsgegenden eine gute Thonerde nur selten vorkommt, und Dämme zu starken Filtrationen Veranlassung geben. Die stände sind so wichtig, daß man es allgemein für zweck hält, den Canal in die Thalsole selbst einzuschneiden kommt noch, daß die Einleitung von Speisegräben, die v oder der andern Seite vielleicht hinzugeführt werden kön leichtert wird, und daß man in der Thalsole, wenn auch fette Erde, wie in der Ebne, doch wenigstens eine brauchb für mäfsige Dammschüttungen zu finden pflegt, die jedenfal ist, als das Gerölle und die Felsbrocken, die beim Aush Canals auf dem Fuß der Seitenwände gewonnen werden. Uebelstände und Gefahren, die aus einer zu starken Besch des Fluthprofils des Bachs entstehen, muß man vermeiden wenn diese die Annäherung des Canals nicht gestatten, e selbe vielleicht auf einer Brücke über den Bach geführt muß, so bleibt nur übrig, ihn in gröfserer Höhe über d sole zu halten.

In engen Thälern tritt häufig der Bach so nahe an d wand, daß vor derselben kein Raum für die Canal-Anlag In solchem Fall muß man entweder den Canal auf das a führen, oder man kann auch den Bach verlegen und andres Bett in der Mitte der Thalsole anweisen. Das le fahren ist gemeinhin das wohlfeilere, weil man dabei den canal vermeidet. Indem man aber den Canal in das Bachbett verlegt, so ist die grofse Tiefe desselben keinesw theilig. Man pflegt sie daher auch nicht zu verschütten, reicht dadurch noch den Vortheil, daß einzelne Schiffe h können, wenn der Canal behufs vorzunehmender Instand abgelassen wird.

der Abhängigkeit der Canallinie von dem Wasserstande die Seitenbäche, die ihn kreuzen, einen großen Einfluss zu erstreben. Wollte man diese Bäche auf der einen Seite in den Canal hinein, und gegenüber wieder heraustreten lassen, so würde nur der Wasserstand zum Nachtheil der Schifffahrt sehr vermindert sein, sondern eine Masse Geschiebe würde nach jeder Abzweigung in dem Canalbett liegen bleiben, und dasselbe vielleicht ganz anfüllen. In früherer Zeit hat man den letzten Uebelstand dadurch minder schädlich zu machen gesucht, daß man den Canal unmittelbar neben dem Bache an beiden Seiten abschloß, die Verheerungen auf eine kurze Strecke zu beschränken. Jetzt legt man dagegen den Canal so hoch, daß er auf einer Brücke über den Bach fortgeführt werden kann, also die Ufer des letztern ihn nicht berühren. In diesem Fall muß aber der Canal sich bedeutend über die Thalsohle erheben, weil sonst das Hochwasser des Baches ihn erreichen würde.

Außer den bereits erwähnten Umständen giebt es noch andre, die auf den Zug des Canals von Einfluß sind. Beim Herabsteigen von einer steilen Wasserscheide wird man zunächst mehrere Ueberführungen über den Bach, den man verfolgt, zu veranlassen suchen. Man muß also diejenige Thalseite wählen, die den meisten Raum bietet, und für die ganze Anlage sich am besten eignet. Im Allgemeinen ist dieses die flachere. Zudem ist der Unterschied der beiden Thalwände in dieser Beziehung so auffallend, daß die Wahl durch den ersten Anblick entschieden wird. Dieses ist namentlich bei schieferartigen Gebirgen und überhaupt in solchen Gebirgsarten häufig der Fall, die parallele Schichten zeigen. Tritt aber an dieser Thalseite ein einzelner Kopf weit vor, an dem man nicht füglich vorbeikommen kann, so bleibt noch zu untersuchen, ob sich etwa mit geringen Kosten eine unterirdische Strecke hindurchführen, oder der Bach zurücklegen läßt, oder aber, ob man gezwungen ist, den Canal hier über den Bach zu führen, und deshalb vielleicht die Anlage zweier Brückencanäle das wohlfeilste Auskunftsmittel

Hienächst wäre zu erwähnen, daß man überall, wo mehrere Canäle möglich sind, diejenige wählt, welche auf festem Boden liegt, die angemessene Terrainhöhe hat und eine starke Filtration

nicht besorgen läßt. Wo Bäche dem Canal zugeführt werden um ihn zu speisen, muß man häufig auch für die Ableitung selben unter dem Canal sorgen, damit sie bei Anschwellungen nicht übermäßig anfüllen, noch auch Sand und Gerölle absetzen. Hiervon wird im Folgenden die Rede sein.

Zuweilen kommt es darauf an, bestehende industrielle Elemente oder auch gewisse Punkte zu berühren, wo Roh-Produkte gewonnen werden, wenn aber hierdurch die Ausführung erschwert oder der Canal übermäßig verlängert würde, so sich häufig die beabsichtigte Schiffahrts-Verbindung noch einen Seiten-Canal darstellen, der vom Haupt-Canal abgezweigt wird, während man diesen in der passenden Linie weiter führt.

Dafs man zur Vermeidung übermäßiger Grundentschädigungen Gebäude, Gärten und überhaupt solche Stellen umgeht, die anders nutzbar und werthvoll sind, bedarf kaum der Erwähnung.

Sehr scharfe Krümmungen, wodurch die Schiffahrt erschwert und die Linie sehr verlängert wird, muß man so viel wie möglich vermeiden. Ganz gerade Canalstrecken sind aber, wenn die Länge bedeutend wird, sogar der Schiffahrt nachtheilig, indem der Wind, sobald er in der Richtung derselben steht, und dadurch nicht nur Wellenschlag verursacht, bei dem die Ufer leiden, sondern auch das Wasser fortreibt, und dasselbe an einem Ende häuft, während er es von dem andern entfernt. So ist es bei den langen und ganz geraden Strecken des Bromberger Canals gekommen, dafs an einem Ende derselben der Wasserstand sich sehr senkte, dafs die Schiffe nicht fahren konnten, während am andern Ende das Wasser über die Schleusenthore nach den unterhalb belegenen Strecken abfloß.

Wenn der Canal sich an einem flach geneigten Ufer zieht, so kann man ihn mit gröfserer Willkür als in einem Thale beliebig verlegen. Es entsteht dabei vorzugsweise die Frage, welches Höhenverhältnifs zwischen dem umgebenden Terrain und dem Wasserspiegel des Canals das vortheilhafteste ist. In Bezug auf die Filtration empfiehlt es sich jedenfalls, den Canal in hohem Terrain zu halten, aber diese Rücksicht verliert ihre überwiegende Wichtigkeit, sobald die Speisung der Strecke gesichert ist und der Boden zur Darstellung dichter Dämme geeignet ist. Die Erdarbeiten stellen sich aber am wohlfeilsten bei

leichteste Erdmasse auszuheben, und diese in die geringste zu transportiren braucht. Beide Bedingungen erfüllen man den Canal an eine Stelle verlegt, wo die Auf- in jedem Profil sich gleich sind.

Bei manchen altern Canälen in Frankreich die Linie dieser Weise gewählt, dabei kam indessen der Wasser- hoch über das Terrain zu liegen, daß die Filtration sich nachtheilig zeigte, und selbst Versumpfung auf den an- Aeckern verursacht wurden. Man darf daher gemein- bis zu diesem Punkte thalwärts herabgehn, oder man Breite des thalseitigen Leinpfades mehr, als sonst nöthig vergrößern, wodurch der Auftrag verstärkt wird, also bei der Ausgleichung auch der Abtrag zunimmt. Es ist in- möglich, einen Canal so zu führen, daß die erwähnte ung überall wirklich eintritt, oder die ausgehobene Erde in demselben Profil wieder verwendet wird. Solche Be- kann nur im Allgemeinen maassgebend sein, im Einzelnen sie sehr häufig unbeachtet lassen, weil sie sonst dahin würde, den Canal übermäßig zu verlängern und dadurch Lage zu vertheuern. Um aber auf einem Boden, der nicht gäg abfällt, vielmehr auffallende Unebenheiten zeigt, die Linie aufzufinden, empfiehlt sich wieder die für die Strecke angewandte Methode der Darstellung des Terrains durch Schnittlinien von Horizontal-Ebenen.

Anordnung der untersten Canalstrecke, und die Bestim- Stelle für die nächst dem Strom belegne Schleuse, von besondrer Wichtigkeit. Der Theil des Canals, der dieser Schleuse liegt, steht fortwährend mit dem Strom in un- veränderlicher Verbindung, der Wasserstand in ihm hebt und sinkt daher bei jedem Steigen und Fallen des Stroms. Die stärkste Strömung, die bei großer Entfernung der Schleuse und bei schnellem Wasserwechsel nicht unbe- zeigt sich schon nachtheilig für die Ufer, ein größerer Schaden wird aber dadurch herbeigeführt, daß jedesmal in diese stürbes Wasser hineinfließt, welches, während es darin zur- kommt, die erdigen Theilchen fallen läßt, und sonach beim Sinken diese nicht mehr herausführt. Hierdurch werden be- Verschlämmungen veranlaßt, und die Beseitigung der-

den Strom münden zu lassen, wo keine Sandlagerungen eintreten. Die Verflachungen in der untern Theilung sind freilich nicht zu vermeiden, und müssen durch Baggern beseitigt werden. Sie sind aber weniger störend, weil sie sich nur allmählich bilden. Dagegen verschwindet eine ausgebaggerte Stelle in kurzer Zeit wieder vollständig, wenn sie an einer Stelle liegt, wo der Strom bei gewissen Wasserständen sich von Sand und Kies ablagert. Dergleichen Stellen liegen nicht zwischen der eigentlichen Fahrtrinne und der Canals liegen. Man vermeidet dieses am sichersten, indem man das Ufer in ein regelmässig ausgebautes concaves Ufer überführt. Die Aufgabe ist genau dieselbe, wie bei der Darstellung der natürlichen Hafenmündung (§. 61). In beiden Fällen ist es vortheilhaft, die Mündung stromabwärts zu kehren, um sie sicherer zu erhalten, theils auch um das Ein- und Auslaufen der Schiffe zu erleichtern.

§. 83.

Querprofile der Canäle.

Der Wasserstand im Canal muß so groß sein, daß die darauf verladenen Schiffe, wenn sie beladen sind, die Sohle nicht berühren. Er muß aber in den einzelnen Strecken constant, wenn die oberste Scheitelstrecke so vollständig gesichert ist, daß selbst bei der Dürre die verschiedenen Verluste, von denen oben (§. 82) die Rede war, ersetzt werden können. Man findet daher aus der größten Einsenkung der Schiffe und aus der bereits (§. 82) bestimmten Höhenlage des Wasserspiegels diejenige Höhe der Wasserlage nicht überschritten werden darf. Dabei muß man jedoch auch auf die zu vermeidenden Sand-Ablagerungen und sonstigen Hindernisse Rücksicht nehmen. Damit diese nicht sogleich die Sohle durchbrechen, auch häufige Räumungen vermieden werden, muß nach einer ziemlich allgemein angenommenen Regel, sowohl bei der ersten Anlage des Canals, als auch bei jeder späteren Räumung, um einen Fuß tiefer zu legen, als die Sohle mittelbar fordert. Oft geht man bei der ersten Anlage des Canals, indem man die Tiefe ausserdem noch etwa um 6 Zoll

vergrößert. Dieses geschieht namentlich bei Bodenarten, die starke Filtration besorgen lassen, und der Zweck ist dabei andrer, als daß man einen Raum darstellen will, worin ein theilweiser Niederschlag sich bilden kann, der bei spätern Räumungen berührt wird, vielmehr hier dauernd liegen bleibt.

Die Sohle des Canals pflegt in der ganzen Länge einer Leitung, also bis zur nächsten Schleuse horizontal zu sein, und tief zu liegen, daß unter dem Boden eines beladenen Schiffes überall ein freier Raum von 1 Fuß Höhe bleibt. Nichts desto weniger weicht man von dieser Regel zuweilen ab, und giebt in einer langen Strecke der Sohle ein sehr geringes Längengefälle. Diese Anordnung begründet sich dadurch, daß in dem Canal fortwährend stehendes Wasser vorkommt, vielmehr die Verdunstung durch Filtration und Verdunstung ersetzt werden müssen, und häufigem Durchschleusen der Schiffe sogar noch bedeutende Wassermassen die ganze Länge der Strecke durchfließen. Solange aber eine Bewegung oder eine schwache Strömung stattfindet, ist die freie Oberfläche nicht horizontal, sondern etwas geneigt. Indem man daher der Sohle ein geringes Gefälle giebt, so gleicht man nur den Parallelismus zwischen ihr und dem Wasserspiegel aus, oder man gleicht die Verschiedenheit der Tiefe aus. Die Neigung, welche die Oberfläche selbst im ungünstigsten Falle annimmt, ist indessen so geringe, daß ihr Einfluß auf die verschiedenen Erscheinungen bei horizontaler Sohle sich beinahe gar nicht erkennen läßt. Gegen giebt es noch einen andern wichtigern Grund für die Einführung eines geringen Gefälles, und dieser bezieht sich auf die Beförderung des Abflusses, wenn man die Strecke trockenlegen will. Ist der Boden ganz horizontal gehalten, so ist es oft sehr schwierig, alles Wasser daraus zu entfernen, aber wenn nur ein geringes Gefälle eingeführt ist, so befördert dieses merklich den Abfluß. Woltman empfiehlt, zu diesem Zweck die Sohle auf 1000 Fuß Länge um den achten Theil eines Zolls, oder auf die Meile um 3 Zoll abfallen zu lassen. Bei französischen Canälen geschieht dieses wirklich.

Die Breite des Canals bestimmt sich zunächst durch die Bedingung, daß überall hinreichender Raum sein muß, damit die Schiffe bequem neben einander vorbeifahren können. Indem

ende aber im Allgemeinen nur aus Erd-Dossirungen bestehend daher nicht senkrecht, sondern flach geneigt sind, so kann diese Bedingung dahin ausgedehnt werden, daß auch beladene Schiffe weder einander noch die Dossirungen der Ufer berühren. Dem Grunde giebt man gemeinhin der Sohle die doppelte der Schleusenweite.

Bei dieser Gelegenheit entsteht die Frage, ob diese Breite als genügend angenommen darf, und ob es nicht vielleicht nöthig ist, eine noch größere Profil-Fläche zu wählen, um den Widerstand der Bewegung zu vermindern. Jedenfalls ist es aber mit wenigen Ausnahmen wohlfeiler und in andrer Beziehung auch vortheilhafter, die Vergrößerung des Profils durch weitere Ausdehnung der Breite und Tiefe darzustellen.

Man kann sich ein sehr enger Canal, dessen Profil nur um Weniges von dem als das Profil des Schiffes ist, einen sehr großen Widerstand der Bewegung entgegensetzt, indem vor dem letztern das Wasser stark anschwillt, ist bekannt. Man bemerkt auch, daß an solchen Stellen, die zur Seite stark verwachsen sind, eine größere Anstrengung der Pferde oder Menschen erforderlich ist, die das Schiff zu bewegen, oder daß die Geschwindigkeit des letztern sich auffallend vermindert, sobald es eine solche verengte Stelle durchfährt. Der Grund dieser Erscheinung ist augenscheinlich darin zu suchen, daß die vom Schiff verdrängte Wassermenge, die an demselben vorbeifließen muß, um den Raum zu füllen, den das Schiff so eben einnimmt, in den verengten Profilen mit größerer Geschwindigkeit fließen muß, und diese nur dadurch erzeugt werden kann, daß im Verlaufe vor und hinter dem Schiff eine bedeutendere Niveau-Differenz entsteht, die einen Gegendruck gegen die Bewegung des Schiffes verursacht, oder den Widerstand vermehrt.

Simon-Denis*) hat an verschiedenen Modellen von Schiffen, deren flache Theile Querschnitte von 1 bis 2 Quadratfuß hatten, den Widerstand sowohl in Canälen von verschiedner Weite, als im offenen Wasser gemessen, und indem er sich bemühte, einen analytischen Ausdruck darzustellen, der ungefähr den Beobachtungen entsprach, so gelangte er zu dem Resultat, daß bei

*) *Principes d'hydraulique* II. § 579.

gleicher Geschwindigkeit der Widerstand in einem Canal sich verhält dem im offenen Wasser, wie

$$8,46 : 2 + \frac{Q}{q}$$

verhält. Dabei bedeutet Q den Querschnitt des Canals und q den größten Querschnitt des eintauchenden Theils vom Schiffe. Eine allgemeine Gültigkeit kann man von dieser Formel nicht erwarten, da sie zu dem augenscheinlich falschen Resultat führt, daß in einem Canal, dessen Querschnitt den des Schiffes um das Sechsfache oder noch mehr übertrifft, der Widerstand geringer als im offenen Wasser wird, und bei weiterm Anwachsen des Querschnitts der Widerstand sich sogar bis auf jeden beliebig kleinen Theil desjenigen Widerstands ermäßigt, der im offenen Wasser, also in einem Canal von unendlicher Breite stattfindet.

Nach manchen Erfahrungen darf man annehmen, daß eine starke Vergrößerung des Widerstands nur in sehr engen Canälen eintritt, daß dieselbe aber schon ziemlich gering wird, wenn der Querschnitt des Canals dreimal so groß, als der des Schiffes ist; und daß bei dem Verhältniß von 5 zu 1 der Widerstand schon mit dem in offenem Wasser nahe übereinstimmt. Wenn die Breite, wie oben erörtert, so groß angenommen wird, daß zwei beladene Schiffe an einander bequem vorbeifahren können, und außerdem noch unter ihren Böden ein Raum von 1 Fuß Höhe frei bleibt, so stellt sich mit Rücksicht auf die Dossirungen der Ufer jenes Verhältniß selbst für beladene Schiffe schon nahe wie 4:1, für leere übersteigt es dagegen bei Weitem dasjenige Verhältniß, für welches der Widerstand dem in offenem Wasser gleich wird. Hiernach ist im Allgemeinen keine Veranlassung vorhanden, behufs der Verminderung des Widerstands noch eine weitere Verbreiterung des Canals einzuführen.

Die vorstehende Untersuchung über die Profilweite bezieht sich nur auf solche Theile des Canals, wo nicht besondere Umstände eine Verengung oder Verbreiterung fordern. Das Erste findet statt wenn der Raum sehr beschränkt ist, oder die gehörige Verbreiterung sehr kostbar sein würde. Dieses ist der Fall unter massiven Brücken, auch häufig in Gebirgsgegenden, wo entweder steile Felswände nahe an den Bach treten, also für den dazwischen zu bauenden Canal nur ein schmaler Raum übrig bleibt. Eben

der Canal auf dem Abhange eines steilen Ufers ausgehoben werden muß, oder wenn einzelne wichtige Gebäude, Straßen eine gehörige Verbreitung verhindern. In solchen Fällen werden die flachen Erddossirungen durch Mauern, die nach oben entweder wenig geböschet oder senkrecht aufgeführt sind, ersetzt. Genügt selbst das Letzte noch nicht, und alsdann muß entschlossen, die Beschränkung der Breite selbst auf die Länge zu beschränken. Ist die Stelle nicht lang, wo die Verengung stattfindet, so ist letztere auch nicht wesentlich hinderlich. Die Uebelstände sind nur, daß der Widerstand beim Durchziehen der Schiffe etwas vergrößert, oder deren Geschwindigkeit sich vermindert. Gelangt das Schiff bald wieder in ein weiteres Profil, so wird der verursachte Aufenthalt nicht von Bedeutung. Man wird es also zu vermeiden vermieden werden kann, die Verengung nicht als in den Häuptern der Schleusen treiben. Falls dieses noch nöthig wäre, muß man durch Vertiefung eine Verengung des Profils einführen, damit das Wasser beim Schiffe vorbeiziehen kann. In den Schleusenhäuptern selbst ist eine Verengung zwar nicht zu vermeiden, aber die sehr geringe Geschwindigkeit, womit alle Schiffe daselbst hindurchgehen, hebt die nachtheilige Wirkung auf, was an andern Strecken, wo die Schiffe zum Stillstand gebracht werden sollen, keineswegs der Fall ist. Unter den Brücken und überall, wo Verengungen vorkommen, pflegt man die anderthalbfache Breite des Schiffs zu lassen, wobei ein Begegnen oder Vorbeifahren freilich nicht möglich ist. Damit dieser Uebelstand aber bei größerer Länge der Verengung nicht zu nachtheilig werde, muß man, wo die Gelegenheit gestattet, Ausweiche-Stellen anbringen.

Die zur Verbreiterung des Profils giebt es oft Veranlassung. Ist die Anlage eines breitem Canals wohlfeiler, als die Anlage eines engeren, namentlich wenn das Terrain tief ist, und es an der Erfüllung nöthigen Erdmasse fehlt. Dieser Fall ereignet sich selbst in Gebirgsgegenden, in den Niederungen oder in der Ebene kommt er häufig vor. Man gewinnt daselbst beim Ausheben des Bettes so wenig Erde, daß man eine große Breite annehmen muß, um den zur Darstellung der Dämme erforderlichen Boden zu decken. Dabei kommt freilich der Umstand in Betracht, daß der Boden in diesem Fall sehr werthvoll zu sein pflegt, und

man vielleicht bedeutende Kosten zur Beischaffung der Erde weiter Entfernung verwenden darf, um die Fläche, die an Cultur entzieht, möglichst zu vermindern.

Von einer andern Veranlassung zur Vergrößerung der ist bereits (§ 81) die Rede gewesen. In sehr kurzenhaltungen nämlich eine solche nothwendig, um der Wasseroberfläche die Ausdehnung zu geben, damit eine und mehrere Füllmassen aufgenommen, oder davon abgelassen werden können, ohne Wasserstand in nachtheiliger Weise zu heben, oder zu senken. Ähnlicher Art muß man auch diejenigen Schiffahrts-Canäle, die gleich Entwässerungs-Gräben von Niederungen sind, machen, daß sie diesen Zweck vollständig erfüllen. Besonders dieses Bedürfnis ein, wenn der Canal durch ein Siegel in die See mündet, welches sich nur zur Zeit des niedrigen Wassers also während der Fluth geschlossen bleibt. Ist der Canal Binnenseite des Siegels sehr weit, so bietet er hinreichenden Raum, daß auch längere Zeit nach dem jedesmaligen Schluß der Schleuse das Wasser aus der Niederung ihm zufließen kann, und sobald die äußere Wasser sich hinreichend tief gesenkt hat, so führt die ganze angesammelte Masse hier schnell ab. Eine Verbreiterung zu diesem Zweck ist um so dringender, je kürzer die Dauer der einmaligen Auswässerung ist, oder je niedriger das Land gegen den Meeresspiegel liegt.

Indem die Siegel häufig so eingerichtet sind, daß auch Schiffe hindurch fahren können, dieses aber immer nur während einer kurzen Zeit statt findet, wo der äußere und innere Wasserstand nahe gleiche Höhe haben, so ist die Verbreiterung des Canals auch noch deshalb nothwendig, um eine Art von Hafen zu bilden, worin die Schiffe diesen Zeitpunkt abwarten können.

Demnächst müssen an solchen Stellen, wo Schiffe zum Laden oder Löschen häufig anlegen, die betreffenden Ufer so weit gezogen werden, daß die Schiffe nicht in das normale Profil des Canals treten. Man nennt diese Erweiterungen Canal-Häfen. Besonders aber, namentlich in oder neben größern Orten, die Schiffe hier, bald dort an beide Ufer anlegen, so muß die Breite des Canals angenommen werden, daß vor jedem Ufer ein Schiff liegen kann, dazwischen zwei andre sich begegnen können.

Auch vor den Schleusen ist, in mehrfacher Beziehung

ung des Canals sehr nützlich. Eines Theils fordert solche die Ansammlung der Schiffe, die bei lebhaftem Verkehr hier häufig eintritt. Sodann senkt sich auch beim plötzlichen der Schütze in den Oberthoren der Wasserstand in einem Ober-Canal so bedeutend, daß die Schiffe sich leicht auf Grund oder auf die Dossirungen aufstellen (§. 59). Dieses vermieden, wenn der Canal breiter ist, und schneller das hinzufliest, also die momentane Senkung des Niveaus neben der Schleuse geringer wird. Endlich tritt bei der gewöhnlichen Bewegung noch eine große Verzögerung im Aus- und Einfahren der Schiffe nach der Schleuse ein, weil das ausgehende Schiff dem eingehenden zuvor im Canal begegnen muß, ehe letzteres zur Schleuse gelangt. Das Schleusenhaupt ist so schmal, daß das Schiff beim Austreten sich nur in der Richtung der Schleusenachse bewegen kann, die gemeinlich in die Mittellinie des Canals fällt. Wenn der Canal daher nur die gewöhnliche Breite hat, so ist ein Vorbeigehen oder Entgegenkommen der Schiffe nicht früher möglich, als bis das Erste schon vollständig die Schleuse verlassen hat, und an der Schleuse gezogen ist. Das entgegen kommende Schiff muß daher eine große Entfernung, die größer als die Länge des Schiffes ist, vor der Schleuse warten. Minard empfiehlt aus diesem Grunde, die Schleuse der Schleuse nicht mit der des Canals zusammenfallen zu lassen, sie vielmehr so weit seitwärts zu verlegen, daß das herausgehende Schiff ohne seine Richtung zu verändern, schon in die Richtung des einen Ufers geführt wird, also den Raum frei läßt, den das andere braucht, um sich der Schleuse zu nähern. Der Vortheil erscheint ganz angemessen, wenn eine Verbreiterung des Canals nicht zulässig sein sollte.

Überdies muß man auch dafür sorgen, daß in gewissen Entfernungen, vielleicht von einer halben deutschen Meile, und namentlich in der Nähe solcher Punkte, wo Frachten eingenommen oder abgeladen werden, die Canäle sich so weit verbreiten, daß die Schiffe daselbst wenden oder in die entgegengesetzte Richtung fahren können.

Die Dossirung der Seitenwände des Canals hängt vornehmlich von der Beschaffenheit des Bodens ab. Besteht dieser aus hartem gewachsenem Felsen, so kann man die Wände oft senkrecht aufbauen, gewöhnliche Erde verlangt aber eine flache Neigung,

und wenn vollends der Boden sehr lose und beinahe flüssig erhält er sich nur, wenn er sehr flach abgestochen oder schüttet wird. Bei den verschiedenen am häufigsten vorkommenden Erdarten, die sich namentlich durch den stärkern oder schwächeren Zusatz an Sand von einander unterscheiden, sind die Böschungen zwar bald etwas steiler und bald flacher, diese Unterschiede sind indessen nicht groß, indem selbst für die festeste Erde eine einfache Anlage nicht genügt, und dagegen die zweifache Anlage in sehr leichtem Boden, wenn derselbe über Wasser mit einer Deckung bedeckt oder auf andre Weise gesichert wird, hinreicht. Jedenfalls wird ein Canal durch die starke Abflachung der Böschungen sehr vertheuert, indem dadurch theils seine Breite, sonach auch die Größe der anzukaufenden Grundstücke theils aber auch die Erdarbeiten bedeutender werden. Man bemühet sich deshalb in jedem Falle, die Böschungen so zu halten, wie dieses mit Rücksicht auf die Consistenz des Bodens irgend zulässig ist.

Bei den Englischen Canälen haben die innern Böschungen fast ohne Ausnahme nur die $1\frac{1}{2}$ fache Anlage, auch in Frankreich und Nord-America giebt man ihnen keine flachere Neigung, wenn dabei hin und wieder auch Abbrüche sich zeigen, so man es vortheilhafter, diese durch eine solide Deckung auszubessern, als überall die kostbare Abflachung der Ufer anfangs zu wählen. Bei uns pflegt man die Dossirungen zu machen. Zweifache, dreifache und selbst noch größere Böschungen kommen nicht selten vor, und man wählt sie, weil steile Böschungen in der Höhe des Wasserspiegels oft abbrechen, wodurch außer der Beschädigung der Ufer auch Verflachungen verursacht werden. Obwohl diese Abbrüche allerdings um so häufiger entstehn, und sich auch um so leichter ausdehnen, je steiler die Ufer sind, so fehlen sie doch auch keineswegs bei flachen Böschungen, da sie durch äußere Ursachen veranlaßt werden. Namentlich durch den Wellenschlag, der theils vom Winde, theils auch von vorbeifahrenden Schiffen herrührt, gewöhnlich die Veranlassung ihres Entstehens und zu ihrer Vergrößerung. Indem aber die Böschung in der Höhe des Wasserstandes abbricht, so bildet sich eine steilere Abstufung, und das gelöste Material stürzt in

herab, so daß diese in der Nähe der Canalsohle flacher als sie ursprünglich war.

anderer Grund der Beschädigung der Dossirungen ist der Fall des Wasserstandes. Solcher kommt zwar bei den Schiffahrts-Canälen nicht vor, weil die Zuflüsse nur nach Bedürfnis der Schiffahrt regulirt, und ganz unterbrochen sobald der normale Wasserstand dargestellt ist. Anders es sich jedoch mit solchen Canälen, die zugleich Fluth-Canäle sind, und dadurch theils unmittelbar durch die Strömung noch mehr aber dadurch, daß der Wasserstand einem beständigen Wechsel unterworfen ist. Indem nämlich bei höherm Wasserstande die Ufer stark durchnäßt werden, und das eingesogene Wasser beim Wiedereintritt des niedrigeren Standes ausfließt, so werden die Erdtheile mit sich fort, und es zeigen sich oft in kurzer Zeit bedeutende Uferbrüche.

Man kann sich auch die Vorsicht bei vorkommenden Beschädigungen die Canalstrecken nicht zu entleeren, vielmehr die Vertiefung durch Baggern zu bewirken, auch die Schleusen, trocken gelegt werden müssen, durch Fangedämme abzuwehren, wozu in den meisten Fällen die Dammfalze benutzt werden. Die Trockenlegung einer Canalstrecke ist besonders nöthig, wenn viele Quellen hineintreten. Neben der Mündung pflegen die Ufer alsdann stark abzubrechen, wie dieses schon beim ersten Ausgraben einer solchen Strecke geschieht. Beschädigungen sind vor der Füllung mit Wasser oft so bedeutend und wiederholen sich so häufig, daß die größte Besorgnis für spätere Unterhaltung sich zu begründen scheint, und man vermuthet, daß die Dossirungen zu steil gewählt waren. Dieser Zustand ist aber nicht dauernd, denn sobald die Strecke wieder angefüllt wird, tritt der Druck des letztern dem des Wassers entgegen und das Gleichgewicht der Ufer ist wieder hergestellt. Aus diesem Grunde ist es sogar vorzuziehen, in solchem Fall schon die erste Vertiefung durch Baggern als durch Graben zu bewirken.

Zur Vermeidung jener Beschädigungen in der Höhe des Wasserstandes hat man oft ein andres Mittel angewendet. Man bringt etwas unter dem Wasserspiegel Bankete oder Bermen von

geringer Breite an. Sie sind gemeinhin nur 3 Fuß breit, und oft noch schmaler, und liegen etwa 6 Zoll unter dem Wasserspiegel. Man bepflanzt sie mit Schilf und andern Wasserpflanzen, die darauf auch gut zu gedeihn pflegen, und theils dazu dienen, den Wellenschlag zu mässigen, der durch die geringe Wassertiefe über der Berme etwas geschwächt wird, theils aber fangen sie auch die von oben herabfallenden, oder vom Regenwasser mitgeführten Ertheilchen auf. Der Zweck der Bermen ist also theils durch Schwächung des Wellenschlages den Uferbeschädigungen vorzubeugen, theils aber, wenn diese dennoch eintreten, oder wenn aus anderer Veranlassung Erde herabfallen sollte, letztere in so geringer Tiefe aufzufangen, daß sie mit Leichtigkeit wieder abgraben werden kann.

Ueber den Nutzen dieser Bermen sind dennoch die Ansichten sehr verschieden. Aus mehreren Französischen Canälen, wo man sie ursprünglich angebracht hatte, sind sie verschwunden, und es genügt man sie für ganz nutzlos, und sogar für schädlich, insofern sie die Breite des anzukaufenden Grundes vergrößern. Daß sie selbst Beschädigungen ausgesetzt sind, namentlich bei häufiger Schiffahrt, leidet keinen Zweifel, indem die leeren Schiffe oft von Winde darauf geworfen werden, und die Bermen mit den Pflanzungen zerstören. Noch mehr leiden sie vom Vieh, wenn es an der nöthigen Aufsicht mangelt. Dieses hält sich nämlich in Sommertagen besonders gern auf den Bermen auf, und vertritt dabei nicht nur die Pflanzungen, sondern erweicht auch den durch näßten und lockern Boden so vollständig, daß er bald in die Tiefe herabstürzt. In manchen neuern Französischen Canälen hat man indessen Bermen wieder angebracht. In Englischen Canälen kommen solche nie vor, dagegen wendet man bei diesen ganz gewöhnlich noch andre Mittel an, um den Abbruch der Ufer zu verhindern, die später bei Gelegenheit der Erdarbeiten beschrieben werden sollen.

Dem Abbruch der Ufer wird vorzugsweise dadurch begegnet, daß man dieselben neben dem Canal möglichst niedrig hält. An einer Seite liegt der Leinpfad, und wenn solcher an der andern Seite nicht vorhanden ist, so pflegt man doch daselbst einen wenn auch nur schmalen, Fußweg anzulegen, um auch hier, wenn es nöthig ist, zum Canal gelangen zu können. Beide Pfade

in solcher Höhe, daß sie nicht mit Wasser durchzogen werden. Hierzu genügt es, wenn sie $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß über den Wasserspiegel des Canals sich erheben. Für den Leinenzug sind sie dann sogar bequemer, als wenn sie höher liegen.

Wenn ein solcher Pfad durch Aufschüttung gebildet ist, so ist er landseitig mit keinem Graben versehen zu werden, wie dieses zuweilen aus andern Gründen geschieht, und seine Uferung, die keinen Beschädigungen ausgesetzt zu sein pflegt, ist man hier so steil, als die Beschaffenheit des Bodens irgend gestattet, und giebt ihr häufig nur die $1\frac{1}{2}$ fache Anlage. Hinter den Pfaden, die im Abtrage liegen, müssen dagegen Gräben gemacht werden, um das Bergwasser aufzufangen und abzuleiten, daselbe, wenn es über den Pfad in den Canal fließen sollte, zu verstopfen, zu beschädigen und den letztern durch die Erde, die es durchfließt, verflachen würde. Der Graben dient hier aber auch zum Abfangen der Quellen, und er erfüllt diesen Zweck um so mehr, je tiefer er liegt. Wenn man ihn aber auch nur einen Fuß tief macht, so liegt seine Sohle schon nahe über dem Wasserspiegel des Canals. Die in ihn tretenden Quellen und andern Uferläufe beschädigen freilich seine Ufer und füllen sein Bett allmählich an, wie es geschehn würde, wenn sie sich in den Canal ergießen, nichts desto weniger wird aber in diesem Fall der Vortheil erreicht, daß die Beschädigung und Sand- und Kiesablagerungen nicht in der Tiefe und unter Wasser vorkommen, sondern sehr in dem flachen Graben, der nur selten ganz mit Wasser gefüllt und oft trocken ist.

Die Böschung, welche sich hinter dem Graben erhebt, kann in vielen Fällen noch etwas steiler, als die äußere Böschung der aufgeschütteten Dämme gehalten werden, weil sie in dem abgelagerten Boden eingeschnitten wird. Bei großer Höhe ändert sich dieses Verhältniß, und alsdann muß man sie sehr flach halten, auch in andrer Weise sichern, damit keine Abstürzungen eintreten. Hiervon wird wieder später bei Gelegenheit der Erdwerke die Rede sein.

Die Fig. 364, 365 und 366 auf Taf. LIII zeigen verschiedene Querprofile. Die beiden ersten beziehen sich auf Canäle in Engländern. Fig. 366 ist aber das Profil des Marne-Rhein-Canals und

zwar für eine Stelle, die sich auf dem Abhang hinzieht, theils im Auftrage und theils im Abtrage liegt.

Die Canalschiffe werden fast überall durch Pferde gezogen. Die Anzahl der Pferde, die vor ein Schiff gespannt werden, aber von der Grösse des letztern und von dem Gewicht der Ladung abhängig. Mehr als zwei Pferde sieht man nur selten an einem Schiffe, weil die Canäle nur stehendes Wasser enthalten, also keine Strömung zu überwinden ist. In England, wo die Canalschiffe, wie bereits erwähnt, ziemlich schmal sind, werden sie je einmal nur von einem Pferde gezogen, und häufig zieht sogar ein Pferd mehrere Schiffe. Die Breite des Leinpfades ist von der Anzahl der Pferde abhängig. Für ein Pferd genügt die Breite von 8 Fufs, äufsersten Falls sogar von 6 Fufs, wie bei vielen englischen Canälen, doch müssen alsdann auf beiden Ufern Leinpfade eingerichtet sein. Werden dagegen die Schiffe von demselben Leinpfade aus nach beiden Richtungen gezogen, oder zwei Pferde vor ein Schiff gespannt, so mufs die Breite mindestens 10 Fufs betragen. Soll der Pfad nur durch Menschen betreten werden, von denen mehrere hinter einander dieselbe Leine ziehn, so kann man häufig den Pfad schmäler, als sechs Fufs machen, doch genügt die Hälfte schon, wenn derselbe nicht zum Ziehn der Schiffe bestimmt ist, vielmehr nur dazu dient, um an jede Stelle des Canals gelangen zu können.

Es ergibt sich hieraus, dafs die Mehrkosten bei Anlage von zwei Leinpfaden nicht bedeutend sind, insofern der eine derselben doch durch einen Fußspfad ersetzt werden müfste. Dagegen kann andererseits der zweite Leinpfad auch ohne sonderliche Verschwerung der Schiffahrt entbehrt werden. Die Englischen Canals sind grolsentheils nur mit einem versehen, und das Begegnen zweier Schiffe erfolgt, ohne dafs eine Leine gelöst, oder auch nur ein Schiff zum Stillstand gebracht werden dürfte. Dasjenige Pferd, welches das auswärts fahrende Schiff zieht, geht nämlich, sobald das andre ihm begegnet, etwas langsamer. Dadurch senkt sich die Leine, und das zweite Pferd geht darüber fort, während auch gleich das zugehörige Schiff, welches neben dem Leinpfade bleibt, über die lose Leine gleitet. Der Aufenthalt und die Störung der Fahrt ist demnach nur unbedeutend, doch müssen bestimmte Vorschriften erlassen sein, aus denen sich ergibt, welches Schiff

Leinpfade bleiben, und welches sich davon entfernen soll. Je desto weniger kann bei heftigem Winde das Vorbeifahren dieser Weise schwierig und sogar gefährlich werden, und es ist für den Betrieb der Schifffahrt etwas vortheilhafter, wenn der Canal mit zwei Leinpfaden versehen ist, und auf dem einen in einer Richtung, auf dem andern aber in entgegengesetzter gezogen wird. Noch wäre zu erwähnen, daß man einen einzelnen Leinpfad derjenigen Seite des Canals anzulegen pflegt, die dem herrschenden Winde zugekehrt ist. Die Leine zieht nämlich jedesmal das Schiff nach der Seite des Leinpfades hin, und diesem Seitenwind kann nur dadurch begegnet werden, daß man das Schiff mit dem Ruder etwas nach der andern Seite wendet. Wenn daher der Wind das Schiff in derselben Richtung seitwärts treibt, die Leine, so muß es noch weiter abgekehrt werden, wobei es das Vorübergehn eines andern Schiffs behindert, jedenfalls der Zug verstärkt werden muß. In vielen Fällen ist es schwer zu bestimmen, ob der Wind häufiger von der einen als von der andern Seite weht. Alsdann thut man wohl, den Leinpfad auf diejenige Seite zu legen, oder auf dasjenige Ufer, das vorzugsweise durch den Wind dargestellt ist. Dieses begründet sich dadurch, daß diejenige Seite den darüber streichenden Wind schon mehr vom Canal abhält, und außerdem ist das Betreten des aufgeschütteten Dammes für Pferde auch in mancher Beziehung für die Erhaltung der Dichtigkeit desselben vortheilhaft. Die größere Breite, die der Damm zur Sicherung gegen ein zu starkes Durchquellen des Wassers erhalten muß, macht denselben aber auch gemeinhin zur Benutzung als Leinpfad geeignet, während die Anlage solcher auf der andern Seite größere Kosten verursachen würde.

Der Seitengraben ist bereits Erwähnung geschewn, auch ist schon bemerkt worden, daß dieselben auf der Bergseite nothwendig sind, um das herabfließende Wasser vom unmittelbaren Eintritt in den Canal abzuhalten. Gemeinhin führt man das Wasser, welches sie abführen, gar nicht in den Canal, vielmehr mittelst Durchlässe demselben fort nach dem im Thal fließenden Bach. Wo das Terrain es erfordert, wird das Wasser in Fallkessel gestürzt und in die Durchlässe münden.

Auf der Thalseite fehlen gemeinhin die Seitengräben, weil die

Wassermenge, welche bei starkem Regen von der äußern Damm des Leinpfades abfließt, zu unbedeutend ist, als daß sie eine solche Anlage erforderte. Eine Ausnahme findet aber statt, wenn die Filtration aus dem Canal sehr stark ist, und man theils das niedrige Terrain vor Versumpfung schützen, theils auch das Q_u Wasser nicht ganz verlieren, vielmehr dasselbe der nächst unter belegenden Strecke wieder zuführen will. Wie wichtig beide Gründe auch sind, so darf dennoch nicht übersehen werden, daß durch solche Erleichterung des Abflusses die Ergiebigkeit der Quellen verstärkt, also die Filtration vermehrt wird. Letztere wird nun nach dem, was früher darüber mitgetheilt ist, um so bedeutender je größer die Niveaudifferenz in den beiderseitigen Wasserspiegeln ist. Durch Anlage des Seitengrabens auf der Thalseite senkt sich aber den untern Wasserspiegel, und erleichtert sonach die Bildung der Quellen.

§. 84.

Speisung und Entlastung der Canäle.

Welche Wassermenge ein Schiffahrts-Canal braucht, um erforderliche Fahrtiefe dauernd zu behalten, ist bereits untersucht worden (§ 81), auch ist schon darauf aufmerksam gemacht, daß der Ueberschuß an Wasser in einer Jahreszeit gegen den Mangel in einer andern im Canal selbst sich nicht ausgleicht, man muß mehr die Zeit der anhaltenden Dürre in Betracht ziehen, in dieser nicht nur die Zuflüsse am geringsten sind, sondern der Bedarf am größten wird.

Ergiebt es sich, daß die Wassermenge eines Baches allein nicht genügt, auch die Scheitelstrecke nicht soweit gesenkt werden kann, daß noch andre Quellen dem Canal sich zuweisen lassen, muß man versuchen, ob durch besondere Anordnungen der Mangel zu decken, oder der Bedarf zu mäßigen ist.

Zuweilen bietet sich Gelegenheit, ausgedehnte und tiefe Reservoirs anzulegen, worin große Wassermassen angesammelt werden können, während der Canal vollständig gefüllt ist, diese also unbenutzt müßte ablaufen lassen. Wenn man, wie bereits erwähnt, auch keineswegs erwarten darf, die ganze auf

84. Speisung und Entlastung der Canäle. 209

Wassermasse dem Canal später wieder zuzuführen, so stellen dabei dennoch manche Vortheile heraus. Hieher gehört zu-
erst die vollständige Reinheit des Wassers, aus welchem wäh-
rend vorhergehenden Ruhe alle erdigen Theilchen zu Boden
sinken sind. Demnächst auch der Umstand, daß man in außer-
ordentlichen Fällen beliebig große Quantitäten sehr schnell dem
Canal zuführen kann. Dieses würde zum Beispiel nöthig sein,
wenn die Frequenz zufällig an einzelnen Tagen sich besonders stei-
ger oder wenn vielleicht eine Canalstrecke abgelassen ist, und es
ankommt, behufs der Wiederöffnung der Schifffahrt sie schleu-
sen zu füllen.

Manweilen werden die Scheitelstrecken der Canäle mittelst kräf-
tiger Wasserhebungs-Maschinen gespeist. Dieses geschieht
z. B. Andern auf dem Grand-Junction-Canal in England, dem
St. Oise-Canal in Frankreich, dem Canal zwischen Charleroy
und Brüssel in Belgien und wiederholt sich auch sonst mehrfach.
Auf dem oben benannten Canal hat man aber statt der sonst üblichen
Schleusen, Archimedische Schnecken erbaut, welche durch Dampf-
maschinen bewegt werden.

Noch wäre eines andern Mittels zur Speisung der Canäle zu
erwähnen, das mehrfach vorgeschlagen, hin und wieder auch ver-
sucht, indessen, soviel bekannt, niemals einen namhaften Erfolg
hat. Dieses sind die Artesischen Brunnen. Bei Gele-
geheit der Beschreibung derselben (Theil I. § 9) sind bereits einige
günstige Versuche dieser Art namhaft gemacht. Es kann aller-
dings nicht in Abrede gestellt werden, daß die Bohrlöcher unter
den localen Verhältnissen bedeutende Wassermassen liefern,
diese auch zur Speisung von Canälen benutzt werden können,
man darf sich doch kaum mit der Hoffnung schmeicheln, in
dem hohen Terrain und namentlich auf der Wasserscheide in
Gebirgsgegend reiche Adern aufzuschließen und Quellen zu
finden, die unter so starkem Druck fließen, daß sie bis zu der
erforderten Höhe ansteigen.

Will man dagegen bei Zuflüssen, die für gewöhnliche Schleu-
sen nicht genügen, dennoch die Schifffahrt ermöglichen, so giebt
man den Schleusen ungewöhnlich geringe Gefälle, oder versieht
sie mit Seitenbassin (§ 75). Man kann dieselben auch durch
directes Heben der Schiffe (§ 76) oder geneigte Eb-

1. Die erste Art ist die, welche durch die
 2. Anwendung der Wärme entsteht. Sie ist
 3. die häufigste und die, welche am meisten
 4. Schaden anrichtet. Sie ist die Ursache
 5. der meisten Krankheiten, welche in der
 6. Kindheit vorkommen. Sie ist die Ursache
 7. der meisten Krankheiten, welche in der
 8. Jugend vorkommen. Sie ist die Ursache
 9. der meisten Krankheiten, welche in der
 10. Mannheit vorkommen. Sie ist die Ursache
 11. der meisten Krankheiten, welche in der
 12. Alter vorkommen. Sie ist die Ursache
 13. der meisten Krankheiten, welche in der
 14. Krankheit vorkommen. Sie ist die Ursache
 15. der meisten Krankheiten, welche in der
 16. Krankheit vorkommen. Sie ist die Ursache
 17. der meisten Krankheiten, welche in der
 18. Krankheit vorkommen. Sie ist die Ursache
 19. der meisten Krankheiten, welche in der
 20. Krankheit vorkommen. Sie ist die Ursache

daß dem Canal zuviel Wasser zufließen möchte, sondern auch das trübe Wasser von dem Graben abhalten, diesem sowohl, als auch im Canal Versandungen oder durch Absetzen von Schlamm und Sand veranlassen ist zu erwähnen, daß in der Nähe der Freiarche wohnen muß, der die Schütze derselben nach dem Bedürfnis stellt, und namentlich beim plötzlichen An- des Bachs sie vollständig zieht.

Speisegräben, welche man auch häufig Rigolen nennt, in ihrer Anlage große Vorsicht, damit sie nicht zu be- Wasserverluste veranlassen. Bis zu welcher Größe Wasserverluste sich steigern, ergibt sich aus manchen in Frank- gestellten Messungen, worüber nur mitgetheilt werden mag, Rigole St. Privé am Briare-Canal, die nahe 3 Meilen lang ein relatives Gefälle von 1 : 12400 hat, zuweilen sogar drei ihres Inhaltes verliert, oder nur den vierten Theil des liefert, welches in ihre obere Mündung hineingeflossen ist. dern vermuthet man sogar, daß sie zu Zeiten nur den Theil des Wassers behalten. Es ist bereits erwähnt worden, the große Verluste zum Theil davon herrühren, daß das sich zu lange in dem Speisegraben aufhält. In der Rigole bildet sich selbst bei starkem Zuflusse nur die Geschwin- von etwa 10 Zoll in der Secunde, und jedes Wassertheilchen, daher 21 Stunden, um sie ihrer ganzen Länge nach zu sehen.

der relative Wasserverlust vermindert sich, wenn die Zeit der Strömung sich verringert, und die Abkürzung der Durchfluß- ann auf zwei verschiedenen Wegen hervorgebracht werden, einmal durch Verkürzung der Rigole, und sodann durch Erhöhung der Geschwindigkeit in derselben. Das erste Mittel ist anwendbar, denn die Länge des Speisegrabens kann in gebirgigen Terrain nur dadurch vermindert werden, daß die Bergwände verläßt, und den Graben in möglichst gerader durch tiefe Einschnitte, über hohe Dämme und auf Brücken die Bäche erbaut, denen er begegnet. Solche Anlagen kommen öfters zuweilen vor, sie sind indessen überaus kostbar, und zeigt sich auf denjenigen Theilen der Gräben, die hoch über Terrain liegen, wieder eine stärkere Filtration, so dass man

ort indessen zu den Seltenheiten, und viel häufiger dass man in entgegengesetzter Weise sich bemühen Wirkung des Gefälles möglich zu machen.

Passatige Anordnung der Speisegräben oder Rigolen wird man vorzugsweise sich bemühen, starken Filtrationen, und daher diese Gräben auf festen Boden legen, wo es nöthig ist, sie mit wasserdichten Dämmen versehen. Ohne dringende Veranlassung wird man sie ferner nicht verlängern. Wenn daher eine sehr bedeutende Ueberschneidung den Uebergang über ein Seitenthal möglich ist, so ist die Zweckmäßigkeit einer solchen Anlage zu prüfen. In gemeinen Fällen führt man jedoch die Rigolen an den Bergwänden, wobei man noch den Gewinn hat, dass man alle Quellen, die man antrifft, hineinleiten und zur Bewässerung benutzen kann. Dabei wäre es freilich ganz unthunlich, solche Seitenbäche fortwährend hineintreten zu lassen, und Kies mit sich führen, und in den Zeiten, wo Wassermangel stattfindet, große Wassermassen liefern. Mehr auch bei diesen Speisegräben, so oft sie sich kreuzen, dieselben Anordnungen getroffen werden, wie bei dem Canal unter ähnlichen Verhältnissen erfordert, wie im Folgenden beschrieben werden sollen.

Beim Uebergang der Speisegräben unter einem steilen Berg, oder dem zur Zeit eines starken Regens große Wassermassen, die vieles Geschiebe oder andres Material mit sich führen, kann man einen solchen Wasserlauf nicht unter voller Sicherheit hindurchführen, so bleibt noch das Wasser derselben nach dem Thal zu leiten. Alsdann lassen sich die Rigolen zu überwölben und das Bachbett zu stellen. Zuweilen ist man auch gezwungen, die Rigolen durch einen Schuttkegel, oder in eine natürliche Ablagerung zu schneiden, die sich vor der Bergwand gebildet hat, und das nachstürzende Gerölle von oben her überdeckt. In diesem Fall ist gleichfalls die Ueberwölbung nothwendig. Die Speisegräben zugleich gegen Filtration zu schützen, die man an dem Gestein übermächtig stark sein würde, so schließt man sie nicht nur von der Seite mit Mauern ein, sondern stellt sie auch aus einem umgekehrten Gewölbe dar, und wendet

bei dem gesammten Mauerwerk guten hydraulischen Mauerwerk. Besonders schwierig wird solche Anlage, wenn Abrutschgefahren besorgen sind, die bei gewisser Beschaffenheit des Bodens ohne Achtung der flachen Dossirungen eintreten. Die Dossirung des überwölbten Canals ist alsdann nicht genügend, weil bei eintretender Bewegung der ganzen Steinmasse aus den Fugen gerissen und stellenweise in die Tiefe gezogen werden können. Es bleibt alsdann nur übrig, den Fuß der Dossirung gehörig zu festigen, und durch oft wiederholte Räumungen einer Ablagerung und besonders ungünstigen Ablagerung des Materials vorzubeugen, wodurch das Gleichgewicht der Masse gestört werden könnte.

Das Profil des Speisegrabens ist abhängig von der Wassermenge, die abgeführt werden soll, und von dem Gefälle, welches man ihm giebt. Nimmt er in seinem Zuge noch bedeutende Quellen auf, so muß das Profil sich gleichfalls vergrößern, wenn nicht etwa besondere Gründe vorhanden sind, das Gefälle in untern Theile wachsen zu lassen. Jedenfalls wird das Profil reichlich groß gewählt werden müssen, damit es die ganze Wassermasse fassen kann, falls auch hin und wieder zufällig eine Verflachung eintreten sollte. Um das Material, welches dem Graben durch einzelne Bäche zugeführt wird, oder von der Seite hineinfällt, ohne Beeinträchtigung seiner Wirkung zu lagern, pflegt man ihn zuweilen hin und wieder mit Vertiefungen, verbreiteten und vertieften Stellen zu versehen, die in der Weise, wie die Schlammkasten in Röhrenleitungen, wirken. In solchen Stellen vermindert sich die mittlere Geschwindigkeit, gleichem Maße, wie das Profil sich vergrößert, der vorübergeführte Sand und die andern Stoffe bleiben daher zurück. Zu solchen Verbreitungen und Vertiefungen findet sich also in den natürlichen Unebenheiten des Bodens Gelegenheit, so daß die Anlagekosten dadurch nicht vermehrt, sondern in theil oft sogar vermindert werden.

Der größte Uebelstand bei Speisegräben, besonders wenn sie eine bedeutende Länge haben und durch unebnes Terrain verlaufen sind, pflegt die starke Filtration zu sein, die jene bedingten wässerten großen Wasserverluste zur Folge hat. Gemeinlich ist es aber unter solchen Umständen an guter Erde und nicht an zähem Ton, wodurch man den Seitenwänden und

84. Speisung und Entlastung der Canäle. 215

nige Wasserdichtigkeit geben könnte. Man pflegt alsdann Kunstmittel zu wählen, wovon später noch ausführlicher sein wird, nämlich man leitet, so oft es geschehn kann, Wasser in den Speisegraben, damit die darin schwebenden Theilehen nach und nach die undichten Stellen ver-

Obwohl manche Erfahrungen recht günstige Erfolge in Beziehung gezeigt haben, so darf man sich im Allgemeinen nicht zuviel davon versprechen. Die Rigole St. Privé wird seit zwei Jahrhunderten mit trübem Wasser gefüllt, und ist undicht geblieben.

Endlich kommt bei Anordnung der Speisegräben auch noch Verbindung mit dem Schiffahrts-Canal in Betracht. Es ist nicht leicht, daß man ohne besondere bauliche Anstalten erstere unmittelbar in den letztern übergehn lasst, und beiderseitigen Betten, die allein durch Erdarbeiten dargestellt, zusammenleitet. Gemeinhin versieht man vielmehr den Graben an seinem Ende noch mit einer Arche, an deren Seiten die Canaldämme sich anschließen. Diese Arche wird aber, als Freiarche, mit einem gehörig befestigten Boden, und nach oben mit einem Fachbaum oder einer massiven Schwelle versehen, die schon deshalb unentbehrlich ist, weil der Speisegraben geringere Tiefe hat, als der Canal. Indem es aber leicht geschehn kann, daß der Erstere mehr Wasser zuführt, als der Letztere braucht, so muß die Arche auch mit Schützen oder Balken abgesperrt werden können, um den Canal nicht zu überfluten. Dieses ist besonders nothwendig, wenn der Graben, gewöhnlich, auf seinem Wege noch Wasserläufe aufnimmt, die nach dem Regen bedeutend anschwellen. Auch empfiehlt es sich, den Speisegraben vor der Arche zu erweitern und zu verdammen, damit daselbst die herbeigeführten Sand- und Kiesmassen niederschlagen.

Die erwähnte Stauanlage erfordert aber wieder eine zweite Vorrichtung, nämlich zur Ableitung desjenigen Wassers, welches der Graben nicht aufnimmt. Würde für eine solche nicht gesorgt, so würde das Wasser im Speisegraben so hoch anwachsen, bis es an einer Stelle die Dämme überstiege, und sich hier von selbst einen Abfluß bildete, der, wenn er nicht gehörig gesichert ist, den Durchbruch des Dammes an der überströmten Stelle

zur Folge haben würde. Es ist daher am zweckmäßigsten Speisegraben noch mit einem Seitenabfluß zu versehen, man das Wasser, dessen man nicht bedarf, in den Bach kann, dessen Thal der Canal verfolgt. Wollte man hi Wehr oder einen festen Ueberfall in angemessener Höhe so würde freilich der nächste Zweck sowohl in Betreff der des Canals, als auch der Abführung des höhern Wassers werden. Vor dem festen Wehr würden sich aber wieder Niederschläge anhäufen, die man vielleicht in kurzen Zeiten beseitigen müßte. Die Strömung selbst beseitigt und führt sie in das Bachbette, wenn man statt des Wehres eine Freiarche erbaut. In letzter Beziehung ist es vorth eilich Speisegraben an einer Stelle dem Canal zuzuführen, wo sich über die Thalsohle erhebt, weil alsdann unterhalb d die das Hochwasser ableitet, ein stärkeres Gefälle stattfin ein kräftiger Strom sich hier bilden kann. Diese Größe muß man aber auch schon wählen, weil entweder der Sc Canal, oder der Speisegraben auf einer Brücke, oder wenig einem Durchlaß über den Bach, oder Ersterer über das Fi des Speisegrabens geführt werden muß. Die Nothw einer solchen Ueberführung leuchtet ein, weil sonst dieser nicht den Hauptbach erreichen könnte.

Die Speisegräben, welche das Wasser aus Rese dem Schiffahrts-Canal zuführen, unterscheiden sich von den beschriebenen dadurch, daß sie nicht fortwährend eine gleichmäßige Strömung aufnehmen, sondern periodisch Wassermassen abführen, und dann wieder ganz versiegen fremde Quellen und Bäche ihnen nicht zufließen, so bed keiner besondern Anlagen, wodurch man sie beliebig Canal in Verbindung setzen, oder ihnen einen Abfluß n Bach eröffnen kann, auch verschwindet alsdann die B daß sie sich mit Sand und Geschieben anfüllen, weil sie dem reinen Wasser aus dem Bassin gefüllt werden. Nicht weniger gelingt es nicht leicht, ihnen eine solche Lage z daß bei starkem Regen nicht bedeutende Wassermassen si ergießen sollten, und insofern diese wieder Erde, oder Material mit sich führen, so sind gemeinhin auch bei ih

4. Speisung und Entlastung der Canäle. 217

zu berücksichtigen zu nehmen, wie bei solchen Rigolen, welche die unmittelbar dem Canal zuführen.

Bei diesen größern Speisegräben leitet man, besonders wo Mangel zu besorgen ist, so oft die Gelegenheit sich bietet, kürzern und minder vollkommenen Leitungen noch schwächen aus der Umgebung in den Canal. Man muß aber so aufmerksam sein, und die bezeichneten Vorsichtsmaßregeln um so vollständiger beobachten, je mehr zu besorgen ist, zu Zeiten große Wassermassen zufließen, auch in Verbindung ihnen bedeutende Quantitäten Sand oder Erde oder Kies mitgerieben werden. Um Letzteres zu verhindern, pflegt man bei den einfachsten Anlagen dieser Art dennoch das zufließende Wasser über ein festes Wehr zu leiten, damit wenigstens gröbere Material sich davor ablagert und entfernt geht.

Häufig trifft es sich, daß der Canal Seitenbäche kreuzt, oder an sich hoch genug liegen, um zur Speisung benutzt zu werden, oder die man wegen ihres starken Gefälles leicht bis zur erforderlichen Höhe anspannen kann. In welcher Weise dieses am besten geschieht, soll später erörtert werden, gewöhnlich führt man aber den Canal über den Bach fort, und verbindet den Durchlaß, worin letzterer abfließt, mit einer Stauanlage, durch welche der Bach so weit gehoben wird, daß er in den Canal tritt. Diese Anordnung ist bei den in neuerer Zeit ausgeführten Canälen sehr gewöhnlich, auch in dem Marne-Rhein-Canal wiederholt sie sich vielfach. Fig. 367 *a* und *b* zeigt diesen Fall. Von der Bergseite her fließt der Bach in einem Seitengraben zum Canal zu, und mit ihm verbinden sich die Gräben, die die Leinpfade sich hinziehen. Die vereinigte Wassermenge fließt in einem Fallkessel auf die Sohle des Durchlasses. Letzterer ist ganz massiv ausgeführt und über dem Gewölbe mit Mauerwerk abgeglichen. Dieses Mauerwerk bildet indessen nicht nur die Canalsohle, vielmehr ist es etwa 1 Fuß hoch mit Erde bedeckt. Die erwähnte Uebermauerung erstreckt sich über den ganzen Durchlaß, sie beginnt am Fallkessel und endet auf der Gegenseite in der Stirnfläche des Gewölbes. Auf diese Art ist der Canal mit zwei Seitenöffnungen versehen, in welchen sich

zwischen Werkstein-Einfassungen Falze befinden, die gewöhnlich, wie auch die Figur zeigt, mit Dammbalken geschlossen werden.

Zwischen dem Fallkessel und dem überwölbten Durchlaß ist ein Schütz angebracht, daß von der Leinpfadbrücke aus, gehoben und herabgelassen werden kann. Wenn es gezogen ist, fließt der Bach durch den Durchlaß unter dem Canal ab, ohne in ihn einzutreten. Dieses geschieht so lange die sonstigen Speisegräben hinreichendes Wasser zuführen, also namentlich, wenn der Bach stark angeschwollen ist, und nicht nur trübes Wasser, sondern auch grobes Material mit sich führt. Wenn dagegen trockne Witterung eintritt, und der Bach weniger Wasser abführt, so wird das Schütz eingestellt, also der Durchlaß geschlossen. Alsdann sammelt sich das Wasser im Fallkessel und steigt so hoch an, daß es über das Schütz und die ohnfern desselben liegenden Dammbalken in den Canal tritt. Letztere werden, wenn es nöthig ist, bei dieser Gelegenheit auch zum Theil beseitigt, um einen ungehinderten Zufluß darzustellen. Während dieser Zeit setzt sich der Niederschlag des Wassers im Fallkessel ab, und sobald man später das Schütz wieder öffnet, wird derselbe bei der heftigen Strömung, die der anfängliche hohe Wasserstand veranlaßt, wieder fortgeführt. Sollte indessen diese Aufräumung noch nicht vollständig sein, und selbst zur Zeit des freien Abflusses des Hochwassers der Kessel und vielleicht auch der Durchlaß sich mit Sand und Geschieben anfüllen, so wird letzterer durch unmittelbare Handarbeit aufgeräumt, da er so große Dimensionen hat, daß er begangen werden kann. Die zweite Oeffnung, welche der Thalseite zugekehrt ist, dient zum Ablassen des Wassers aus dem Canal. Die Dammbalken welche sie abschließen, werden in diesem Fall ausgehoben. Ueber beide Oeffnungen führen leichte hölzerne Brücken, welche die Unterbrechung der beiderseitigen Leinpfade aufheben.

Wiewohl man nach Vorstehendem möglichst dafür sorgt, daß dem Schiffahrts-Canal nicht mehr Wasser zugeführt wird, als derselbe bedarf, um bis zum normalen Stande gefüllt zu bleiben, so kann es doch nicht fehlen, daß die Zuflüsse zuweilen dieses Maß überschreiten, und alsdann das überflüssige Wasser abgelassen werden muß. Die Entlastung kann, wenn sie sich nur auf geringe Quantitäten erstreckt, durch die Schützöffnungen in den Schleusenthoren oder die Umläufe erfolgen. In manchen Fällen, wie etwa

84. Speisung und Entlastung der Canäle. 219

dem Schleswig-Holsteinschen und dem Finow-Canal, hat man auch besondere Freiarchen neben den Schleusen erbaut, um das Wasser, welches zu Zeiten überreichlich zuströmt, aus einer Strecke in die andre, und auf diese Weise bis in den Fluß zu leiten. Wenn der Canal mit einer tiefen Mittelstrecke zwischen zwei Seitelstrecken versehen sein sollte, wird, wie beim Marne-Rhein-Canal geschieht, ein Seitencanal nach dem Fluß herabgeführt, der die Einsenkung des Bodens entwässert.

Die stärksten Zuflüsse, die vom Canal nicht abgehalten werden können, pflegen in Gebirgsgegenden vorzukommen, also gerade diejenigen Strecken zu treffen, die zur Zeit der Dürre am schwierigsten zu speisen sind. Läßt man nun das hier zutretende Wasser die folgenden Canalstrecken durchlaufen, so findet es in keiner derselben eine zweckmäßige Verwendung, weil alle in solcher Zeit schon reichlich mit Wasser versehen sind. Die starke Strömung, die man hierdurch in dem Canal erzeugt, veranlaßt leicht Uferbrüche und Versandungen. Noch größer ist der Nachtheil, wenn an einer der folgenden Schleusen das Steigen des Oberwassers nicht bemerkt werden sollte, welches vielleicht die dortigen Witterungsverhältnisse nicht erwarten lassen, und sonach die Schütze nicht zeitig genug geöffnet werden, also das Wasser bis zur Höhe der Leinpfadsdämme anwächst, und sich über dieselben seitwärts ergießt. Es ist daher vortheilhafter, solche große Wassermassen, die dem Canal nicht absichtlich zugeführt werden, die vielmehr nur von ihm nicht abgehalten werden können, daraus möglichst bald wieder zu entfernen. Hierzu bietet sich in den obern Strecken auch jedesmal Gelegenheit, indem das natürliche Bett des Baches, welches von der einen Seite dieses Wasser zuführt, es auf der andern leicht wieder aufnimmt und es aus dem Bereich des Canals entfernt.

Es entsteht hierbei nur die Frage, auf welche Weise man das Wasser ablassen soll, und dabei ist vorzugswaise der Umstand zu berücksichtigen, daß solche Zuflüsse zuweilen sehr plötzlich und unerwartet kommen. Ein warmer Regen, der den Schnee und das Eis trifft, schmilzt oft in sehr kurzer Zeit große Massen, und noch plötzlichlicher schwellen die Bäche bei starken Gewitterregen an. Am Abend eines Tages kann leicht keine Aussicht vorhanden sein, daß starke Zuflüsse in Kurzem eintreten werden, und doch treffen

dieselben schon während der Nacht ein. Wenn der Wirth, der die Freiarche bedienen soll, das rechtzeitige Ziehen der Schließe versäumt, so können leicht nach wenig Stunden schon die Dämme überströmt werden. Solche Ereignisse sind gerade wegen ihrer Seltenheit um so gefährlicher, da die Aufmerksamkeit mit der Zeit nachläßt, und die Erfahrungen eines langen Dienstes leicht den Eintritt so plötzlicher Fluthen als unmöglich erscheinen lassen.

Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, in Canalstrecken, die solcher Gefahr ausgesetzt sind, Wasserlösen anzubringen, die von selbst in Wirksamkeit treten. Man möchte zunächst vermuthen, daß der erwähnte Zweck schon vollständig erreicht wird, wenn die Canaldämme an solchen Stellen, wo das Wasser einen leichten Abfluß findet, in etwas geringerer Höhe gehalten und verstärkt wären, daß sie bei der Ueberströmung nicht leiden. Man würde also die Erddämme durch massive Ueberfälle ersetzen. Bei näherer Betrachtung überzeugt man sich indessen leicht, daß hierdurch die Gefahr in den meisten Fällen nicht vollständig beseitigt werden kann. Die Dämme werden, wie bereits erwähnt, im Allgemeinen nicht hoch über dem normalen Wasserstand gehalten, weil ihre Anlage sonst, namentlich in Gebirgsgegenden, überaus schwierig und kostbar sein würde. Ihre Krone liegt gemeinhin nur 2 Fuß über diesem Wasserstand, und wenn man auch über dieses Maas hinausgeht, so wird dasselbe doch nie bedeutend überschritten werden können. Andererseits muß man Abstand nehmen, den Ueberfall mit dem normalen Wasserstand auf gleiche Höhe zu legen, weil alsdann selbst bei trockner Witterung während man das Wasser möglichst schonen mag, der Seitenabfluß desselben sogleich eintritt, wenn zufälliger Weise keine Schiffe nächst unterhalb belegte Schleuse passiren und sonach das Wasser während kurzer Zeit sich etwas anhäuft. Man wird demnach, um solche Verluste zu vermeiden, den Ueberfall vielleicht um ein Fuß oder wenigstens doch um 6 Zoll über den normalen Wasserstand erhöhen, so daß der Unterschied in der Krone des Ueberfalls und der Canaldämme nur sehr gering bleibt.

Sobald es sich um Abführung großer Wassermassen handelt, so genügen die Ueberfälle nur, wenn sie hoch überströmt werden. Liegt ihre Krone nur wenig unter dem Wasserspiegel, so ist theils das Profil des übertretenden Strahls nur gering, und

ist die Geschwindigkeit desselben auch nur der geringsten. In beiden Beziehungen bleibt daher die Wasserschwindigkeit gering, wenn die Stauhöhe nicht bedeutend ist.

Grundlegung des von Castel gefundenen Coefficienten-Formel, daß der Ueberfall eben so breit, als das Oberwasser ist, $k = 0,667$ (§ 19) ist, findet man die Wassermengen, welche Fuß des Ueberfalls bei verschiedenen Höhen des Wassers abführt, folgendermaßen.

Wasserstand über dem Ueberfall.	Abfließende Wassermenge.
3 Zoll	0,44 Cubikfuß
6 „	1,24 „
9 „	2,28 „
12 „	3,51 „
15 „	4,91 „
18 „	6,46 „
21 „	8,14 „
24 „	9,94 „

Man darf indessen nicht erwarten, daß man durch Verlängerung des Ueberfalls zur Seite eines Canals jede beliebige Wasserschwindigkeit erzielen kann, ohne den Wasserstand über ein gewisses Niveau zu erhöhen. Dieses würde allerdings möglich sein, wenn das Wasser im Niveau stände. In einem Canal, besonders wenn er eine große Tiefe hat, bildet sich aber bei heftiger Strömung ein Gefälle. Das Wasser steht demnach an derjenigen Stelle, wo es der Seitenbach hineintritt, oder wo die Strömung beginnt, höher, als an derjenigen, wo es über das Wehr abfließt. Je weiter von einander entfernt, so kann es leicht geschehen, daß der Seitenbach schon die Dämme überströmt werden, während das Wehr oder der Ueberfall nur so eben zu wirken vermag. Wenn aber auch der Ueberfall sich in der Nähe der Mündung des Baches befindet, der das Wasser zuführt, so würde der hintere Theil eines längern Ueberfalls nur wenig in Anspruch kommen, weil der Wasserspiegel im Canal zur Seite des Wehres wieder nicht horizontal ist. Das besonders starke Gefälle der Stelle entspricht aber nicht allein der Geschwindigkeit der Strömung, sondern zum Theil auch dadurch, daß der zunächst vor dem Wehre schon die größten Wassermengen abführt,

also die Wassermasse sich von hier ab vermindert und auch an diesem Grunde der Wasserspiegel sich senkt. Wie kräftig die Ueberströmung über den nächsten Theil des Wehrs auch ist, so wird dieselbe weiter abwärts immer schwächer und hört zuletzt beinahe ganz auf, da der Wasserspiegel endlich bis zur Höhe des Wehrrückens herabsinkt.

Es ergiebt sich hieraus, daß bei einer geringen Niveau-Differenz, die zwischen der Krone der Canaldämme und der Krone der Ueberfälle nur zulässig ist, eine bedeutende Wirkung der letzten nicht erwartet werden kann. Am günstigsten ist noch der Fall, wenn man der Stelle gegenüber, wo der starke Zufluß in den Canal tritt, den Ueberfall anlegen kann. Ein solches Verhältniß kommt jedoch nicht häufig vor. Gemeinhin giebt es mehrere von Canal durchschnittene Thäler, von denen bald das eine und bald das andre, große Wassermassen zuführt, und es verbietet sich wegen der großen Kosten, an allen Stellen Ueberfälle anzulegen, wo solche vielleicht einst nöthig sein möchten.

Die brunnenartigen Wasserlösen, welche man auf manchen Englischen Canälen findet, sind nichts anderes als Wehre, deren Rücken jedoch nicht gerade, sondern kreisförmig gekrümmt sind. Fig. 369 zeigt einen solchen Brunnen, der einen vollständigen Cylinder bildet. Sobald das Wasser seinen obern Rand übersteigt, ergießt es sich in ihn, und wird in einem überwölbten Canal unter dem Damm abgeführt. Fig. 371 *a* und *b* zeigt einen ähnlichen Brunnen im Durchschnitt und im Grundriß, doch steht derselbe nicht frei, lehnt sich vielmehr an eine Seitenmauer und stellt nur einen Theil des Umfanges eines gekrümmten Cylinders dar, der auf zwei Strebepfeilern ruht. Wasserlösen dieser Art sind auf dem Birmingham-Fazeley-Canal angeführt.

Die verschiedenen Arten beweglicher Wehre, deren oben (§. 47) Erwähnung geschehn ist, und die zum Theil bei gewissen Wasserständen sich von selbst öffnen und bedeutende Abflußprofile darstellen, sind bei Canälen wenig anwendbar, weil sie nicht scharf genug schließen, und daher zur Zeit der Dürre bedeutende Wasserverluste veranlassen. Als zweckmäßig empfiehlt sich hier nur die schon beim Canal du Midi angewendete Vorrichtung mit den Heben, die bei gewissem Wasserstande in Wirksamkeit treten, und alsdann

34. Speisung und Entlastung der Canäle. 223

Wasser mit der ganzen, der Druckhöhe entsprechenden Geschwindigkeit abführen. Ihre Wirksamkeit wird aber von selbst nachlassen, sobald das Wasser im Canal bis zum normalen Niveau gesunken ist, und durch eine kleine Röhre die Luft nach dem Mittel des Hebers treten kann. Diese Vorrichtung ist bereits in der Beschreibung der Wasserleitungen (Theil I, § 19) und Fig. 82 VI des I Theils dargestellt.

In den meisten Canälen hat man indessen Vorrichtungen nicht angewendet, sich vielmehr mit solchen Wasserlösen begnügt, die durch den Wärter in Thätigkeit gesetzt werden, indem er entweder die Schütze zieht, oder die Dammbalken aushebt. Der Grund, weshalb man diese Vorrichtungen den Wärtern überläßt, ist wohl vorzugsweise darin zu suchen, daß keins der oben genannten Ersatzmittel, die man dafür theils vorgeschlagen, und theils wirklich versucht, als ganz sicher erkannt ist. Dazu kommt aber, daß man in neuerer Zeit auch mehr Vorsicht annimmt, um das Eintreten großer Wassermassen zu verhindern, wiewohl, wo die Anlage von Brücken-Canälen mehr Berücksichtigung erregte, nicht leicht vermieden werden konnte. Endlich begnügt man gegenwärtig, wenn solche Ereignisse auch ganz sicher abgewendet werden können, doch den Schaden, der verursacht werden kann, durch gewisse Vorsichtsmaafsregeln möglichst zu begrenzen, und namentlich dienen hierzu die Sicherheitsthore, deren Beschreibung hier die passendste Stelle finden dürfte.

Der Zweck der Sicherheitsthore ist die Abschließung des Canals. Man könnte hierzu wieder verschiedene der früher beschriebenen Einrichtungen, also bewegliche Wehre benutzen, aber im folgenden Fall ist es erforderlich, daß der Abschluß möglichst schnell erfolgt, auch ziemlich wasserdicht ist. Häufig sind die Thore in der Art aufgestellt, daß beim Durchbruch eines Damms, wodurch sogleich eine starke Strömung in der einen Richtung entsteht, sie von der Strömung gefaßt werden und sich selbst schließen. Man muß aber, wenn man dieses beabsichtigt, vorher wissen, an welcher Stelle der Durchbruch erfolgt, denn wenn die Strömung eine entgegengesetzte Richtung annimmt, oder der Durchbruch auf der andern Seite der Thore erfolgt, so würden sie sich nicht schließen. Man kann freilich auch die Thore so treffen, daß der Abschluß in beiden Rich-

tungen von selbst erfolgt, aber dazu müßten zwei Thore, oder zwei Thorpaare erbaut werden, wie allerdings zuweilen geschieht. Jedenfalls wird man die Sicherheitsthore nur in langen Strecken anbringen, weil es nur bei diesen von besonderer Wichtigkeit ist, daß der ganze Inhalt nicht abfließt. Man erreicht durch sie noch einen andern Vorthail, der oft von großer Bedeutung ist. Wenn z. B. ein Schiff verunglückt und sinkt, so sperrt es gemeinhin den Canal vollständig, und bis es mit der Ladung gehoben worden, ist die Schiffahrt unterbrochen. Das Heben der Ladung unter Wasser ist aber sehr zeitraubend, woher man in solchem Fall es leicht angemessen findet, die ganze Strecke zu entleeren. Der Verlust des Wassers kann aber wieder sehr reichhaltig werden, und möglicher Weise noch eine längere Sperre bedingen, wenn die Speisegräben gerade nicht reichhaltig sind. Es ist sonach auch bei einem solchen Ereigniß sehr wichtig, eine längere Canalstrecke in mehrere Theile zu zerlegen.

Man bringt zu diesen Zwecken an solchen Stellen, wo der Canal bereits aus andern Gründen mit Mauern eingeschlossen werden muß, also namentlich unter massiven Brücken, Dammfalze an, und hält die erforderlichen Dammbalken in Bereitschaft. Zur Darstellung eines dichten Schlusses muß alsdann auch noch der Boden gesichert, und mit einem hölzernen oder massiven Fachbaum versehen sein. Das Einlegen der Balken ist indessen, besonders wenn ein heftiger Strom hindurch geht, so schwierig und zeitraubend, daß diese Vorrichtung bei einem Dammbruch die vollständige Entleerung der ganzen Strecke nicht verhindert. Man hat auch versucht, die auf Strömen vielfach benutzte Methode des Abschließens mittelst senkrecht eingestellter Nadeln (§ 48) zu diesem Zweck zu benutzen, aber abgesehen davon, daß hierdurch auch die nöthige Beschleunigung nicht erreicht wird, ist überdies der Schluß so wenig dicht, daß in kurzer Zeit auch die dahinter liegende Strecke sich entleert.

Vortheilhafter ist es, wie in den meisten Fällen auch geschieht, gewöhnliche Schleusenthore einzurichten, und zu diesem Zweck ein Schleusenhaupt zu erbauen. Die Oeffnung, die überspannt werden muß, ist aber zu weit, als daß ein einfaches Thor dazu genügt, und man sieht sich demnach gezwungen, ein Paar Stempenthore anzubringen. Indem diese nur von einer Seite den höhen

abhalten, so gestatten sie nur das Entleeren des einen Canalstrecke, und wenn man ihre Wirksamkeit vervollständigt, so bleibt nur übrig, daneben noch ein zweites Thorstellen, das in der entgegengesetzten Richtung aufschlägt. Diese Anordnung stimmt daher mit derjenigen überein, die man in der Haupt einer Schleuse zu wählen pflegt, die den Canal mit dem Strom verbindet, wie solche Fig. 260 auf Taf. XXXIV dargestellt ist.

Wenn man ein solches Schlensenhaupt um einige Fuß weiter von den sonstigen Canalschleusen sind, so kann man die Thore, indem sie an gewisse vortretende Stützen gelehnt werden, in der Thorsischen halten. Falls alsdann eine Strömung im Canal sich bildet, so werden sie von derselben sogleich gegen die Schlagschwellen bewegt, so daß sie sich von denselben lösen. Wiewohl diese Anordnung allen Anforderungen entspricht, so treten ihr dennoch die sehr bedeutenden Kosten entgegen, und außerdem erfordern die Thore verhältnißmäßig zu dem sehr seltenen Gebrauch, der davon gemacht wird, auch übermäßige Unterhaltungskosten. Ihr oberer Theil über Wasser ist, leidet eben so, wie jedes andere Thor, und ein Verziehn tritt bei ihnen auch bald ein, weil sie während frei hängen, der Wasserdruck also nicht auf sie wirkt und sie in die ursprüngliche Form zurückdrängt.

Aus diesen Gründen ist man zuweilen auch von Stemnthoren abgegangen, und hat dafür den Abschluß durch ein einseitiges Thor gewählt, welches sich um eine horizontale Achse drehen kann, die sich flach auf den Boden legt, das aber sowohl in stehendem Wasser, als auch wenn die Strömung seine Bewegung leicht gehoben werden kann. Fig. 380 auf Taf. LV zeigt die auf dem Canal du Centre gewählte Einrichtung solcher Thore, die daselbst nach mehrjährigem Gebrauch sich auch bewährt hat, und für den Rhein-Marne-Canal gleichfalls benutzt ist. Diese Einrichtungen sollen auch bei Englischen Canälen vorzuziehen sein.

Das Thor, welches man Fig. 380a aufgerichtet sieht, dreht sich um die Seitenansicht *b* zeigt, um eine starke eiserne Achse,

die in vier metallnen Pfannen ruht. Es ist ganz aus hie Verbundstücken zusammengesetzt. Die Schlagsäulen sind horizontale Wendesäule verzapft, und durch zwei Riegel an der verbunden, wozwischen noch einige Mittelstiele an sind. Das Thor lehnt sich sowohl unten, als zu beiden an die mit Werkstücken eingefalsten Mauerränder, wie man und c bemerkt. Ist das Thor dagegen niedergelassen, so flach auf dem Boden in der Stellung, die Fig. b in p Linien angegeben ist.

Zum Aufrichten und Herablassen des Thors dienen eiserne Stangen (Fig. b), die zur Seite an den Köpfen der säulen befestigt sind. Die zum Heben erforderliche Kraft sehr geringe, indem bei der Construction des Thors schon auf gesehn wird, daß das Gewicht desselben in allen St nahe durch den Wasserdruck aufgehoben wird, doch gie ihm einiges Uebergewicht, damit es sich nicht von selbst auch wird dieses durch die Befestigung der Zugstange hindert.

Indem das Thor nicht nur von einer, sondern von Seiten den Wasserdruck abhalten soll, so ist es auch von Seiten verkleidet. Durch den Wasserdruck wird es indes von einer Seite geschlossen erhalten, daher muß es, wenn Druck in entgegengesetzter Richtung erfolgt, noch besonders gesteuert werden, und hierzu dienen vier eiserne, stark ver Vorreiber, die sich um horizontale Achsen drehn. Man dieselben in allen drei Figuren, und zwar in derjenigen c wo sie das Thor stützen, nur in Fig. a sind sie durch p Linien auch zurückgeschlagen gezeichnet. Zwei derselben den obern, und zwei den mittlern Riegel. Ihre Achsen liegen besonders Seitennischen, damit sie die Bewegung des Thors hindern.

Wenn das Thor, wie gewöhnlich, niedergeschlagen kann es nicht fehlen, daß auf demselben, sowie auf der Sohle des Canals eine Ablagerung von Schlamm und Sand bildet. Wie unbedeutend diese an sich auch sein mag, ist hier doch der Uebelstand ein, daß sie beim Aufrichten des herabgeleitet, und in die Fuge zwischen der Wendesäule und Schlagschwelle fällt, wo sie entweder das vollständige Auf

Thor verhindert, oder die Wendesaule zurückdrängt und die Verbindung löst. Um nun den Sand und die Erde von dem Thor in jene Fuge abzuhalten, ist diese fortwährend mit einem aus Eisenblech überdeckt, der mittelst einer horizontalen Achse am Thor befestigt ist. Man sieht denselben Fig. 6 auf dem Plan anfliegen. Er ruht auf diesem, auch wenn das Thor geschlossen ist, nur zieht er sich alsdann etwas weiter nach dem Kammerboden zurück.

Es ergibt sich aus dieser Beschreibung, daß das Sicherheitsthor nicht von selbst schließt, vielmehr muß dieses durch einen in der Nähe stationirten Wärter geschehn, der bei eintretendem starken Regen schon das Thor aufrichtet, ehe ein Damm erfolgt ist. Wenn man aber einen Theil der Canalstrecke trocken will, so bietet die Aufstellung des Thors gar keine Schwierigkeit. Wenn später die Strecke wieder gefüllt werden soll, schließt dieses mittelst zweier Oeffnungen im Thor, die aber nicht durch Schütze, sondern durch Klappen mit zwei Flügeln geschlossen werden, ähnlich denen, die § 72 beschrieben und Fig. 339 Taf. XLVIII gezeichnet sind. Im vorliegenden Fall tritt in Folge des Wasserdruck sowohl von der einen, als von der andern Seite ein, wenn daher die Klappen sich leicht öffnen sollen, so kann man beliebig jeden Flügel einer Klappe zu dem längern machen. Man hat dieses dadurch erreicht, daß man jede Klappe um zwei vertikalen Drehungs-Achsen versehn hat (Fig. 380 a u. b). Je nachdem man die eine oder die andre derselben herabzieht, bewirkt man, daß der eine oder der andre Flügel der Klappe sich hebt. Die Klappe dreht sich aber in beiden Fällen nach derselben Richtung, und dieses ist auch in sofern nothwendig, als die Darstellung eines ziemlich wasserdichten Schlusses auch hier hervortretenden Ränder auf den Thorriegeln und Mittelstielen anzuordnen sind, gegen welche die Klappe sich lehnt, wenn sie geschlossen ist.

Schließlich muß noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß solche überaus schädliche Dammbrüche, welche die Einrichtung von Sicherheitsthoren fordern, keineswegs an vielen Stellen vorkommen sind, vielmehr nur an einzelnen Punkten die Möglichkeit dieser Gefahr vorhanden ist. Aus den Localverhältnissen ersieht man also, wo der Canal zu schließen und in welcher Rich-

tung die Ausströmung zu verhindern ist. Hiernach begnügt sich auch immer damit, diese Vorsichtsmaßregel nur in Fällen in Anwendung zu bringen, während man bei vielen davon ganz absehn darf.

§. 85.

Speisebassins.

Es ist bereits erwähnt worden, daß Speisebassin-Reservoirs in der Art dargestellt werden, daß man Thäler durch Erddämme, oder durch hohe Mauern abschließt, auf diese Weise künstliche Seen bildet, deren Inhalt durch die Dämme dem Canal zugeführt werden kann. Diese Thäler müssen recht weit, und mit hohen Wänden umschlossen sein, sich aber an einer für den Abschluß geeigneten Stelle stark verengen, so daß der Damm oder die Mauer nicht zu lang wird. Ferner ist es nöthig, daß sie gegen die zu speisende Canalstrecke hoch liegen, damit das Wasser noch mit hinreichendem Gefälle zufließen kann. Der Bach, welcher das Thal durchfließt, muß reichhaltig sein, daß die Füllung des Bassins nicht allein beim Schmelzen des Schnees, sondern auch nach heftigem Regen im Sommer zu erwarten ist. Wenn der Bach umgebend von dem das Wasser dem Bassin zufließt, weder sumpfig mit Gebüsch und sonstiger üppiger Vegetation bedeckt, noch abschüssig ist, so daß die Niederschläge nicht aufgehalten, vielmehr in Rinnen sich schnell sammeln und herabströmen, so ist das Local für solche Anlage besonders geeignet. Dieser Vortheil würde, wenn man es nicht ansammelte, ganz unbenutzt bleiben, denn während der Zeit der stärksten Niederschläge speisen die andern Bäche den Canal. Bei Reservoirs tritt ferner ein günstiger Umstand ein, daß sie nur ganz reines Wasser enthalten, indem die Steine, der Sand und die Erde darin schon vor dem Niederschlagen niederschlagen. Damit aber die Verluste durch Filtration nicht groß werden, muß die Bodenbeschaffenheit des Reservoirs wie auch der Rigolen, möglichst dicht, auch müssen letztere nicht zu lang sein. Es ist daher sehr vortheilhaft, wenn das Reservoir nicht weit von der Scheitelstrecke entfernt ist.

um zu beurtheilen, welchen Nutzen man sich von einem Reservoir versprechen darf, muß man den cubischen Inhalt des Wasser zu füllenden Raums berechnen, nach Abzug des unter Theils, welcher wegen Höhe der Abfluß-Oeffnung oder wegen kleinen Gefälles nicht nutzbar ist. Zu diesem Zweck bestimmt man wieder in mäßigen Abständen über einander die horizontalen Querschnitte, und legt die von denselben eingeschlossenen Flächen in Rechnung zum Grunde. Im Allgemeinen pflegt man in Frankreich anzunehmen, daß die während eines Jahrs aus dem Reservoir dem Canal zuzuführende Wassermenge dem doppelten Inhalt des Reservoirs gleich ist. Diese Annahme ist für manche Fälle zu gering, für andre aber viel zu groß. Die beim Abgange des Winterangesammelte Wassermenge kann freilich, soweit sie nicht durch Verdunstung und vielleicht auch durch Filtration sich vermindert, bei eintretender Dürre zur Speisung des Canals benutzt werden, wenn aber in der Zwischenzeit kein Regen fällt, der den Abgang wieder ersetzt, so unterbleibt der spätere Zufluß, welcher eine zweite Wassermasse darstellen sollte.

Angenscheinlich hat die Ausdehnung und Bodenbeschaffenheit der Fläche, auf welcher die Zuflüsse sich sammeln, wesentlichen Einfluß auf die Ergiebigkeit des Reservoirs. Ein großer Theil der Niederschläge zieht sich aber in den Boden ein, besonders wenn derselbe trocken ist. Schon Dalton stellte hierüber in kleineren Maassstabe wichtige Messungen an (Theil I. § 4). In neuerer Zeit hat der französische Ingenieur Graeff solche an einem großen Quell-Bassin wiederholt *) Neben dem Teich von Gondrexange, den der Marne-Rhein-Canal speist, war ein Regenmesser aufgestellt (Theil I. § 2), während man die Ausdehnung der verschiedenen Querschnitte im Teich sorgfältig gemessen hatte, also aus der Veränderung des Wasserstandes in demselben auf die hinzutretende Wassermenge sicher schliessen konnte. Es ergab sich hieraus, daß die Wassermenge stets nur ein Theil der im ganzen Quell-Bassin gesammelten Niederschläge war, nämlich

im I. Vierteljahr	0,86
„ II.	0,46
„ III.	0,32
„ IV.	0,43.

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1856. II. pag. 129.

Wenn sonach zur Zeit der Dürre, wo das Bedürfnis für das am größten wird, nicht nur die Niederschläge am geringsten, sondern zwei Drittheile derselben noch in den Boden eingesaugen, so bleibt für die Füllung des Reservoirs wenig übrig, dasselbe kann sich leicht so weit entleeren, dass die Speise Canals ganz aufhört.

Nichts desto weniger ist nicht in Abrede zu stellen, dass in diesem Fall die Dauer der Canalsperre wegen Wasser durch die Reservoirs abgekürzt wird, und es leidet keinen Zweifel, dass solche Anlagen von Nutzen sind, wenn gleich ein unregelmäßiger Zufluss, der stets die nöthige Wassermenge liefert, zu vorzuziehen ist.

Bei Einrichtung eines Speisebassins kommt vorzugsweise der Abschlussdamm in Betracht, demnächst aber auch die Vorrichtung zum Ablassen des angesammelten Wassers. Auch ist aber auch dafür zu sorgen, dass das Bassin sich nicht mit der Krone des Abschlussdammes anfüllt, weil das von der Höhe herabstürzende Wasser theils den Damm selbst beschädigen, auch wohl durchbrechen, theils aber im Speisegraben Zerstörungen anrichten, und dem Canal übermäßige Wassermassen zuführen. Man muß also gewisse Ableitungen darstellen, durch welche das zuströmende Wasser einen Ausweg findet, sobald es sich der Krone des Dammes nähert. Selten bietet sich die Gelegenheit, dieses Wasser seitwärts in ein andres Thal zu weisen, weil das schon liegenden Wasserscheiden höher, als der Abschlussdamm; dagegen kann man leicht zur Seite des Dammes eine Abfuhr in das natürliche Bette des Baches darstellen. Am besten, wenn der Ueberfall auf dem gewachsenen Felsboden sich bilden lassen, und das darüber tretende Wasser den künstlichen Damm gar nicht berührt, sondern in einer davon getrennten Rinne in das Thal fließt. Sollte dieses nicht ausführbar sein, und man wäre gezwungen, das Wasser über eine etwas vertiefte Stelle des Damms selbst abzuführen, so müßte diese wenigstens seitwärts liegen, mit der Strömung vom Damm entfernt und in ein besonders höflich befestigtes Bette gewiesen werden könnte.

Endlich hat man zuweilen auch dafür gesorgt, dass die Speisebassins sowohl während der ersten Anlage, als auch während der Dauer der nothwendigen Reparaturen und Räumungen nicht

men, selbst wenn starke Regen alsdann eintreten. Man muß dem Zweck die Bäche, die sich in das Bassin ergießen, vorher abfangen, und um letzteres herumleiten. Eine solche Vorrichtung verbietet sich indessen gemeinhin dadurch, daß die Gelände zu steil und zu unregelmäßig ansteigen. Es bleibt nur übrig, vor der Ausführung des Abschlußdammes die Vorrichtung zum Ablassen des Wassers vollständig herzustellen durch diese den freien Abfluß zu eröffnen, während darüber die Mauer oder der Erddamm errichtet wird. Bei späteren Reparaturen muß man hierzu eine Zeit wählen, in welcher ein Regen voraussichtlich nicht zu erwarten ist. Sollte ein solcher dennoch eintreten, so wird die Arbeit unterbrochen, und eine günstigere Zeit abgewartet.

Zur Abschließung des Speisebassins dienen entweder Mauern oder Erdschüttungen. In manchen Fällen verbindet man auch beide constructions-Arten und verstärkt die Mauern durch angeschüttete Erdschüttungen.

Die Mauern sind auf festem Boden und bei festen Seitenwänden des Thals unbedingt den Erddämmen vorzuziehen, weil die Zufälligkeiten ihnen am wenigsten nachtheilig sind, auch die Wasserdichtigkeit sich bei ihnen am vollständigsten erreichen läßt.

Dazu kommt noch, daß in Gebirgsgegenden das zur Ausfüllung der Mauer erforderliche Steinmaterial meist leichter beschaffen werden kann, als Erde, die für eine wasserdichte Dammung tauglich wäre. Nichts desto weniger erfordert auch die Anordnung und Ausführung einer solchen Mauer grosse Vorsicht, besonders wenn sie eine bedeutende Höhe erhält, und das Wasser gleich eben so hoch davor angestaut werden soll. Man hat es in diesem Fall mit Druckhöhen zu thun, die in einzelnen Fällen bis 150 Fufs steigern.

Jedenfalls muß die Mauer hinreichende Stabilität haben, um dem Druck des Wassers widerstehen zu können. Letzterer ist bedeutender, als derjenige, den eben so hohe Erdschüttungen ausüben. Die Mauer muß also stärkere Dimensionen, als eine gewöhnliche Futtermauer erhalten.

Bei großer Höhe der Mauer muß schon mit Rücksicht auf die zu bewirkende Festigkeit des Materials, ganz unabhängig vom Wasserdruck, eine bedeutende Verbreiterung des Profils von oben

nach unten eintreten. Es ist bekannt, daß in dieser Beziehung die Seiten des Profils nach logarithmischen Linien gekrümmt sein *)). Wird aber dabei noch der Seitendruck betrachtet, so ergibt sich, daß die thalwärts gekehrte Seite gegen den Füllungsdruck der Mauer noch weiter vortreten muß. Für jeden speciellen Fall ist daher die passendste Form zu ermitteln. Delocre hat hierüber eingehende Untersuchungen angestellt **), und Graeff theilt eine große Anzahl Profile mit, die in solchem Falle in Frankreich gewählt sind ***).

Die zweite Bedingung, nämlich die der Wasserdichtigkeit, ist ebenfalls veranlaßt gemeinhin, daß man die Stärke noch mehr vergrößert, um die Bildung feiner Wasseradern zu verhindern. Aus diesen Gründen rechtfertigt es sich, die Mauern nicht lothrecht anzubringen, sondern sie wenigstens an einer Seite zu böschen, oder die Anbringung von Banketen ihre Stärke von oben nach unten abnehmen zu lassen. In manchen Fällen hat man ihre obere Breite dem dritten Theil der Höhe gleich, und die untere beinahe doppelt so groß, als die obere gemacht. Die Bankete legt man auf die dem Reservoir zugekehrte, oder auf die innere Seite der Mauer, und giebt der äußern nur eine mäßige Neigung gegen das Loth. Diese Anordnung rechtfertigt sich dadurch, daß auf derjenigen Mauerfläche, welche der Witterung stets ausgesetzt ist, der Regen sich nicht ansammelt, vielmehr möglichst schnell abfließt. Die Stabilität der Mauer würde freilich bei gleicher Mauerfläche noch größer sein, wenn die dem Wasser abgekehrte Seite flacher gehalten wäre. Man vertheidigt die beschriebene Anordnung der Mauer noch dadurch, daß man meint, ihre Stabilität werde durch den lothrechten Druck des Wassers gegen die Bankete noch vergrößert. Diese Ansicht ist indessen wohl nicht richtig, man muß vielmehr annehmen, daß die Feuchtigkeit in der Mauer unter demselben Druck wie das äußere Wasser sich befindet, und sonach den abwärts gekehrten Druck des letztern, durch einen eben so großen aufwärts gekehrten, aufhebt. Die feinste Fuge, welche zufällig in der Mauer sich bildet, würde wenigstens die Wirkung

*) Ueber Form und Stärke gewölbter Bogen und Kuppeln von G. Bagnou. Berlin 1874. § 13.

**) *Annales des ponts et chaussées*. 1866. II. pag. 212.

***) *Annales des ponts et chaussées*. 1866. II. pag. 184.

des Drucks sogleich vernichten. Endlich gilt für die Be-
stimmung des Profils auch in diesem Fall die Regel, daß jeder
Theil der Mauer an sich die nöthige Stabilität haben muß,
daß sonach die Anbringung von Strebepfeilern entbehrlich ist,
welche bei Mauern dieser Art nicht selten vorkommen.

Überhaupt entsteht noch die Frage, ob man die Mauern in geru-
higer Richtung durch das Thal führen, oder ob man ihnen die Form
des horizontalen Bogens geben soll, dessen convexe Seite
dem Reservoir zugekehrt ist. Der Grund, welcher eine ähnliche
Anordnung für Wehre in einem Fluß empfahl, nämlich die Ablenkung
des darüber fließenden Wassers von den Ufern (§ 43), fällt
hier nicht zu. Man könnte bei einer solchen Anordnung im vorliegen-
den Fall nur die Absicht haben, das Ueberweichen oder das Ver-
sinken der Mauer zu verhindern, indem man sie gegen die Sei-
te des Thals, wie einen Bogen gegen feste Widerlager stützt.
Wenn letztere aus festem, gewachsenem Gestein bestehen, auch sich
nicht erheben, daß ein Zurückdrängen des Bogens nicht zu be-
fürchten ist, so möchte zwar der Widerstand gegen den Wasserdruck
vergrößern, doch müßte man immer die Mauer so stark ma-
chen, als dieses die Rücksicht auf Wasserdichtigkeit fordert, auch
müßten die Steine in den Stoszfugen zu diesem Zweck so scharf
aufeinander versetzt werden, daß der Seitendruck in die Längen-
richtung des Bogens übergeht. Es liegt indessen kein Grund vor,
daß man von diesem Mittel zur Verstärkung der Mauern nicht
Nutzung machen sollte, wenn die localen Verhältnisse es gestatten.
Die Verlängerung der Mauer und die hieraus entspringende Ver-
größerung ihrer Masse ist bei flachem Bogen höchst unbedeutend.
Bemerkenswerth war die Bewegung, welche die Mauer des
Grosbois am Canal de Bourgogne machte. Als man näm-
lich das Bassin zum ersten Mal füllte, zeigten sich Risse in der
Mauer und zwar trennte sich der mittlere Theil derselben, der auf
einer Halbohle stand, von den beiden Enden. Dieser gelöste Theil
hatte eine Länge von etwn 600 Fuß und war 65 Fuß hoch. Die
Mauer bewegte sich indessen nur in dem untern Theil, indem die
Mauer elastisch genug war, um sich oben zu krümmen, ohne zu
brechen. Die Pfeilhöhe der Krümmung betrug über 2 Zoll. Sobald
das Wasser abgelassen war, fand man die Mauer ziemlich nahe in
ihrer früheren Stellung, und man überzeugte sich bald, daß sie

schon merklich überwich, wenn das Bassin etwa zur Hälfte gefüllt war. Die Ursache dieser Erscheinung ist ohne Zweifel in der Beschaffenheit des Untergrundes zu suchen, der die große darauf ruhende Last nicht so sicher trägt, daß dieselbe noch im Gleichgewicht bleibt, sobald das davor angesammelte Wasser die Stärke und Richtung des Drucks wesentlich verändert.

Die Fundirung einer solchen Mauer, wie hoch sie auch sein mag, erleichtert sich sehr, sobald man in mäßiger Tiefe unter der Thalsohle gewachsenen Felsboden antrifft. Es sind jedoch auch in diesem Fall die Vorsichtsmaafsregeln zu beobachten, auf welche bereits früher (Theil I § 32) aufmerksam gemacht ist, und es kommt hier nicht nur darauf an, die Mauer vor einem möglichen Herabgleiten auf dem schrägen Felsboden zu sichern, sondern man muß auch das Mauerwerk in eine innige Verbindung mit dem Untergrunde treten lassen, damit sich nicht Wasseradern zwischen beiden hindurchziehn. Man erreicht dieses am leichtesten, wenn man die Verbindung nicht in einer regelmässigen Fläche, oder in einer Ebene darstellt, vielmehr vortretende Schwellen darin bildet, welche die Wasseradern unterbrechen. Hierzu dienen besonders Heerdmauern, die einige Fuß tief in den Felsboden eingreifen, und an der eigentlichen Mauer in inniger Verbindung stehn. Dasselbe Verfahren findet auch gewöhnlich Anwendung, wenn das Fundament nicht den Felsboden berührt, vielmehr, wie in solchen Thälen häufig geschieht, nur in groben Kies herabreicht. Große Vorsicht ist alsdann nöthig, um das Durchdringen der Quellen unter der Mauer zu verhindern, oder wenigstens so zu mässigen, daß der Wasserverlust nur unbedeutend bleibt. Die Anwendung von Spundwänden verbietet sich alsdann, und man kann die Dichtung des Untergrundes nur dadurch bewirken, daß man wieder Heerdmauern recht tief einschneiden läßt, auch wohl der Sicherheit wegen mehrere derselben hinter einander legt. Sind die Gräben, die zu diesem Zweck ausgehoben werden, ganz trocken (was meist ein gutes Zeichen in Betreff der Wasserdichtigkeit des Untergrundes wirkt), so ist die Aufführung eines regelmässig geschichteten Mauerwerks mit vollen Mörtelfugen vorzuziehn. Wenn dagegen die Gräben mit Grundwasser gefüllt bleiben, und nur durch Baggern bis zur betheiligten Tiefe ausgehoben werden können, so ist es vortheilhafter, sie mit Béton zu füllen, als sie durch Schöpfmaschinen trocken zu

weil in diesem Fall das Grundwasser aus der Tiefe hervor-
und die Thontheilchen fortaspülen würde, die sich um den
abgelagert und denselben gedichtet haben.

Betreff der Ausführung der eigentlichen Mauer hat man
nur deren Festigkeit und Dauerhaftigkeit, sondern auch die
Wasserdichtigkeit zu beachten. Man muß daher festes und lager-
steinmaterial, und dieses in gleichmäßigen Schichten in der
Stärke der Mauer verwenden, so daß nicht etwa die Lager-
und die Mörtelmassen im Innern viel stärker, als in den
Flächen sind. Ueberhaupt müssen wieder alle Vorsichts-
regeln beachtet werden, von denen bei Gelegenheit der Fut-
tern (§ 4) und der Schleusenmauern (§ 64) die Rede war.

Es mag hier noch des eigenthümlichen Verfahrens Erwähnung
sein, das man bei der Abschlußmauer des Bassins von Lampy
benutzte, um dieselbe wasserdicht zu machen. Dieses Bassin
des Canal du Midi und faßt 120 Millionen Cubikfuß. Die
Mauer ist nahe 400 Fuß lang und in der tiefsten Einsenkung des
Thals 50 Fuß hoch. Gleich bei der ersten Füllung des Bassins
erfolgte man eine starke Filtration, und zwar durch die Mauer.
Um derselben Einhalt zu thun, schüttete man unmittelbar
vor der Mauer grosse Massen gelöschten und in Staub zerfallenen
Kalks in das Wasser. Derselbe folgte den feinen Wasseradern
überdeckte die innere Mauerfläche, die sich weiß färbte und
so dicht wurde, daß die Filtration ganz aufhörte *).

Um die Anordnung solcher Bauwerke an Beispielen zu erläu-
tern erwähne ich zuerst die vor dem Reservoir Settons an
der Rhone ausgeführte Abschlußmauer, die 1858 fertig gestellt
wurde **). Das Bassin Settons dient vorzugsweise zur Speisung
der Rhone und liefert das zur Erhaltung der Schifffahrt nöthige
Wasser.

Die Mauer, aus Granit erbaut, ist im Ganzen 750 Fuß lang
über der tiefsten Einsenkung des Thals 64 Fuß hoch. Ihre
Dicke mißt in der Krone 13,6 und unten 70 Fuß. In der Thal-
mitte steigt sie nahe senkrecht auf, während die dem Bassin zuge-
kehrte Seite im Verhältniß von 10:3 geneigt ist. Sie führt in

* Woltman, Beiträge zur Baukunst schiffbarer Canäle. Seite 58.

** Förster's allgemeine Bauzeitung 1866. Seite 379.

gerader Richtung quer durch das Thal, und ist thalabwärts wenig vorspringenden Pfeilern versehen, die sie indessen nicht stützen, als nur die Einförmigkeit ihres Ansehns unterbrechen.

Die Schiffahrt auf der Yonne wird periodisch in sogenannten Schleusungen (§ 57) ausgeübt, deren jede 48 Millionen Cubik Wasser fordert, wovon jedoch das Bassin nur den dritten Theil liefern darf.

Zum Ablassen des Wassers sind drei Gruppen von Oeffnungen in verschiedenen Höhen und abwechselnd auf einer und der andern Thalseite eingerichtet, die dem jedesmaligen Wasserstande entsprechend benutzt werden. Das hindurchtretende Wasser wird durch so vielen besondern Canälen längs der Ufer herabgeführt. Jede Gruppe hat fünf Oeffnungen 3,2 Fufs hoch und 2,2 Fufs weichen Schütze, die sie schliessen, werden von der Krone mittelst transportabler Winden gezogen. Ausserdem befindet sich auf der Seite noch ein 11,8 Fufs breiter Ueberfall, der in Wirksamkeit tritt, sobald das Reservoir gefüllt ist.

Grossartiger ist die 1862 bis 1866 erbaute Abschlussmauer durch den sogenannten Höllenschlund des Furens-Bassin. Letzterer schwoll sowohl beim Schmelzen des Schnees, als bei starken Gewitterregen so hoch an, dass die Umgebungen von St. Etienne und die Stadt selbst dabei vielfach grossen Schaden litten. Es wurde daher das Thal abgeschlossen, und in dem gebildeten Bassin, das 58 Millionen Cubikfufs Wasser aufnehmen konnte und alsdann etwa 4 Morgen in der Oberfläche umgeben sollte die Fluth aufgefangen, und später daraus nach und nach gelassen werden.

Die Mauer, wieder aus Granit-Bruchsteinen sehr sorgfältig ausgeführt, ist 318 Fufs lang und staut in der tiefsten Einbuchtung des Thals das Wasser 160 Fufs vor sich auf. Sie ist in gerader Richtung, vielmehr im Bogen, dessen Krümmung 800 Fufs misst, durch das Thal geführt. Sie erhebt sich 16 Fufs über den bezeichneten höchsten Wasserstand und bildet zwischen zwei Brustmauern einen Fahrweg. Dieser obere Theil

*) Röder „die Loire und ihre Wasserverhältnisse“ in Erbkam's Handbuch für das Bauwesen. 1867. Seite 396, auch Gräff „*barrage du gouffre sur le Furens.*“ *Annales des ponts et chaussées.* 1866. pag. 184.

10 Fuß hoch und nur 10 Fuß stark. Darunter verstärkt er plötzlich bis auf 21,5 Fuß, und von hier ab wird er auf beiden Seiten durch Curven begrenzt, die den Pres- berechnend nach dem Fusse hin stets flachere Neigungen hat. 134 Fuß tiefer hat die Stärke der Mauer auf der See- seite 10 Fuß und auf der Thalseite um 86 Fuß zugenommen, das Profil 130 Fuß breit wird, während jene Curven tangential der Lothlinie anschließen. Die Mauer ruht auf einem mit doppelten Banketen versehenen Fundament. Ablassen des Wassers dienen zwei in überwölbten Canä- len eiserne Röhren, deren lichte Weite 18 Zoll misst, und die von der Krone des Dammes aus durch Klappenventile ab- gelassen. Die Drehungsachsen der letztern befinden sich in der Mitte ihrer Durchmesser, woher der darauf wirkende Was- serdruck die Bewegung nicht hindert. Zur Abführung des noch abzulassenden Wassers, nachdem das Bassin bis zur normalen Höhe gefüllt ist, hat man zur Seite einen $4\frac{1}{2}$ Fuß breiten und 10 Fuß hohen Tunnel durch die Felswand gesprengt.

Die zweite Art, die Thäler abzuschließen, besteht darin, daß der Thälgrund mit Schutt- oder Gerölle hindurchschüttet. Dieses Verfahren hat häufiger, als das erste, Anwendung gefunden, gemeinhin ist es auch das vorzuziehende, namentlich wenn die Thäler nicht von nackten Fels- wänden geschlossen, vielmehr ihre Seitenabhänge mit fruchtbarer Erde bedeckt sind, und solche auch den Thalgrund bildet. Indem man in diesem Fall nicht hinreichend fest ist, um hohe und schwere Lasten mit Sicherheit zu tragen, die Ausführung eines solchen Dammes aber große Kosten verursachen, und dennoch kaum jede Ver- sicherung in Bezug auf die Wasserdichtigkeit des Untergrundes be- stehen kann, so empfiehlt sich auch in dieser Beziehung eine andere Art, deren Wasserdichtigkeit nicht aufgehoben wird, und die sich nicht merklich und selbst ungleichmäßig setzen sollte. Ein solcher Damm schon mit Rücksicht auf seine Stabilität flacher als der erste auf beiden Seiten bedarf, so wird auch das Durch- lassen des Wassers in der Nähe seines Fusses sehr erschwert, und in dem Untergrund finden die Adern weniger leicht den ihnen an- gewohnten Weg, den sie hier zurücklegen müssen, sehr erschwert. Das Profil des Erddammes, sehr ähnlich dem eines Deiches,

wird von der Krone und den Seiten-Dossirungen begrenzt. Die Krone muß nach Maafsgabe der Tiefe und der Ausdehnung des Speisebassins 3 bis 5 Fufs, auch wohl noch höher über dem höchsten Wasserspiegel gehalten werden, weil bei Stürmen wegen der großen Tiefe heftige Wellenbewegungen eintreten. Auf den Reservoirs des Canals du Centre will man Wellen von 6 und sogar von 10 Fufs Höhe bemerkt haben. Dieser Umstand macht die Abpflasterung der Krone und der innern Dossirung nothwendig, nicht desto weniger muß die Krone auch eine bedeutende Breite erhalten, die man gemeinhin zu 18 Fufs annimmt, unter ungünstigen Umständen aber noch gröfser macht. Obwohl die innere Dossirung, die dem Bassin zugekehrt ist, durch ein Steinpflaster oder durch ein Perré gesichert wird, so darf man sie dennoch nicht zu steil halten. Dieses ist um so weniger zulässig, als der Wasserstand grossen Veränderungen unterworfen ist, wodurch beim Ablassen des Wassers die durchnäßte Erde den Gegendruck verliert, und alsdann, ohnerachtet der Befestigung ihrer Oberfläche, durch diese hindurch ausgespült wird. Hiernach darf man keine steilere Böschung, als mit $1\frac{1}{2}$ facher Anlage wählen, und im Allgemeinen empfiehlt es sich gewifs, sie noch flacher zu halten. In England ist die zweifache Anlage üblich, und dieselbe wird meist auch auf der äufsern, oder der dem Canal zugekehrten Seite angenommen, wiewohl die Veranlassung zu Beschädigungen hier minder bedeutend ist.

Zu diesen Dämmen eignet sich am besten eine gewöhnliche leichte Erde, das heifst diejenige Mischung von Thon und Sand, die auch für den Getreidebau sich besonders eignet. Der reine Thon, obwohl er bei compacter Ablagerung die Bildung von Quellen am sichersten verhindert, hat eines Theils den Nachtheil, daß er in der Dürre stark reifst, und sodann ist er auch zu fest, um nachzusinken, falls Höhlungen darin entstehn sollten. Indem diese Dämme wegen ihrer großen Höhe und freien Lage im Sommer austrocknen, während beim Verbrauch des angesammelten Wassers endlich nur noch ihr Fufs benetzt wird, und selbst alles Wasser zuweilen abfließt, so erfolgt das Reifsen und Zerklüften des Thons, wenn die Dämme aus solchem bestehn, in höchst nachtheiliger Weise.

Dagegen ist der reine Sand, obwohl einzelne starke Quell

den nicht bilden können, dennoch zu diesem Zweck nicht
er, weil das Wasser zu leicht hindurchsickert.

Gemenge von Thon und Sand ist daher am meisten
zählen, wie dieses auch aus etwas andern Gründen zur Dar-
von Fangedämmen als besonders geeignet bezeichnet wurde
(§ 43). Man findet solche Erde sehr häufig, und wenn sie
hinreichender Menge vorkommen sollte, um den ganzen
daraus zu schütten, so muß sie wenigstens an gewissen
desselben und namentlich in der Mitte verwendet werden,
der ganzen Höhe einen sichern und wasserdichten Schluß
stellen.

Die Erde darf nicht in grossen Massen lose aufgeschüttet, muß
möglichst fest gelagert werden, damit keine hohlen Räume
oben bleiben, auch kein starkes Setzen des Dammes eintritt,
freilich niemals ganz verhindern läßt. Außerdem ist noch
Vorsicht darauf zu verwenden, daß die Erdmasse sich
verbindet, und nicht etwa verschiedenartige Schichten über
liegen, die unter sich scharf getrennt, leicht ein Durch-
der Wasseradern gestatten.

Zu diesem Zweck müssen zunächst alle fremdartigen Kör-
per dem Damm ferngehalten werden. Man darf nur reine
verwenden, wogegen Rasen, Torf, Holz, Zweige u. dgl. sorg-
fältig entfernt werden müssen. Hierzu gehört auch, dass man den
nicht auf den Rasen schütten, sondern letztern vielmehr
abstechen und fortschaffen muß. Die Erde wird in dünnen
aufgebracht, die äußersten Falls nur etwa 6 Zoll stark sein
und gemeinhin noch schwächer sind. Dabei entsteht die
Frage, ob diese Schichten horizontal gehalten, oder in welcher
Lage sie geneigt werden sollen. Man nimmt an, daß sie sich
einander nicht so innig verbinden, als die Erdtheilchen in
einzelnen Lagen, woher die Besorgnis entsteht, daß Quellen
zwischen je zwei Lagen sich hindurchziehen möchten. Außerdem
man auch, daß Abrutschungen der Dossirungen aus dem-
selben Grunde vorzugsweise auf den nach der Richtung des Thals
liegenden Lagen erfolgen. Hiernach besorgt man bei horizontalen
Lagen die Bildung von Quellen, und bei geneigten Lagen das Ab-
fließen in einer oder der andern Richtung. Man hat deshalb viel-
fach namentlich in England eine Schüttung in gekrümmten

Lagen, und zwar so, daß die concave Seite aufwärts gekehrt ist, gewählt, wie Fig. 374 auf Taf. LIV zeigt. Indessen dürfte die Besorgniß einer mangelhaften Verbindung der einzelnen Lagen sich nicht rechtfertigen, wenn dieselben nicht stark sind und beim Feststampfen keine glatte Oberfläche erhalten. Findet letzteres statt, so bildet sich allerdings kein inniger Zusammenhang mit den folgenden Lagen.

Minard empfiehlt in der letzten Beziehung verschiedene Maassregeln, die allerdings zweckmässig erscheinen. Dahin gehört zunächst der Gebrauch von Stampfen oder Handrammen, deren untere Flächen oder Bahnen nicht glatt, sondern mit starken Unebenheiten versehen sind. Besonders wird solcher Stampfen erwähnt, die bei jedem Schlage ein vertieftes Kreuz in dem Boden bilden. Ein andres Verfahren bezieht sich darauf, daß nach dem Abrammen einer jeden Lage eine schwere gusseiserne gereifte Walze darüber gerollt wird. Dieselbe muß so bewegt werden, daß die Furchen, die sie bildet, in die Längenrichtung des Damms treffen, also die Wasseradern sicher unterbrechen. Derselbe Erfolg wird aber auch herbeigeführt, wenn man, wie bei Deichanlagen oft geschieht, die Erde nicht auf untergelegten Bohlen ankarren, vielmehr ohne irgend eine Befestigung des Weges auf Wagen oder grössern Karren mit Pferden anfahren läßt. Der Transport kann dadurch freilich bedeutend erschwert und vertheuert werden, aber gerade dieses fortwährende Einschneiden der Räder und das tiefe Eintreten der Pferde in den frisch aufgeschütteten Boden verbindet die Schichten miteinander.

Eine andre Vorsichtsmaassregel, die unbedingt beobachtet werden muß, bezieht sich darauf, daß man keine ganz trockne Erde verwenden darf, weil eine solche sich nicht befestigen und sich nicht stampfen läßt. Ein künstliches Anfeuchten durch Besprengen mit Wasser ist allerdings möglich, aber es vertheuert die Arbeit so sehr, daß man es immer vorzieht, den Wiedereintritt der feuchten Witterung abzuwarten. Doch kommt es vor, daß man bei grosser Hitze, um die Verbindung der folgenden mit einer bereits abgeramnten Lage zu erleichtern, diese vor dem Aufbringen jener mit Wasser besprengt. Minard empfiehlt, hierzu nicht reines Wasser, sondern Kalkmilch zu verwenden, die eine noch innigere Verbindung veranlassen soll.

Höhe, zu der man den Damm auführt, muß größer, als nötige Kronenhöhe sein, weil aller Vorsicht unerachtet ein merkliches Setzen des Erdkörpers nie zu vermeiden ist. Hier nur darauf aufmerksam gemacht werden, daß es um so stärker ist, je mehr Thon die verwendete Erde bei reinem Sande ist es sehr unbedeutend. Das Maas soll bei Gelegenheit der Erdarbeiten an Canälen näher werden, sowie auch die weitere Behandlung des Dammes, nämlich die Darstellung regelmäßiger Dossirungen und die derselben mit Rasen alsdann speciell beschrieben wer-

England ist es üblich, diese Dämme noch durch einen Kern aus dicht abgelagertem Thon, oder eine Thonwand gegen die Filtration zu sichern. Diese Methode wird auch in Dämmen gewöhnlich angewendet, woher ihre Beschreibung die passendere Stelle finden wird. Hier wäre nur zu bemerken, daß dem Thon oft große Massen Kies zugesetzt werden, um ihn gegen das starke Schwinden und Reißen zur Zeit der Dossirung geschützt wird. Die Figuren 369 und 372 zeigen zwei Abschlufs-Dämme, die beide im Innern die erwähnten Thonkerne haben. Der erste ist an dem Birmingham-Warwick-Canal erbaut, und die Thonwand darin ist 6 Fuß stark, der letzte Damm dessen Höhe 25 Fuß beträgt, ist von Telford vor dem Lichfield-Reservoir erbaut, welches den Canal von Birmingham nach Leicestershire speist.

Bei zuweilen eintretende starke Wellenschlag in den Speisebassins ist die demselben ausgesetzten Dossirungen der Abschlufs-Dämme an, und um diese zu sichern, genügt es nicht, sie flach zu halten, sie müssen vielmehr mit Steindecken versehen werden. In manchen Fällen hat man zu diesem Zweck auch Steinplatten angewendet, aber durch die weiten Fugen derselben ist sich der abwechselnd stärkere oder schwächere Druck leicht bis zu der darunter liegenden feinen Erde fort, und diese heraus, worauf die Steinschüttung nachsinkt. Es ist besser, ein möglichst dicht schließendes Pflaster oder ein Mörtel zu verwenden. Dieses muß aber ein gröberes Material, also eine Mischung von Kies oder Bauschutt, zur Unterlage haben, damit etwa wieder die feinen Erdtheilchen durch die Fugen

hindurchdringen. Der Zweck der Steindecke ist, wie erwähnt, daß sie Schutz gegen die unmittelbare Einwirkung des Wellenschlages bieten soll. Dieser Wellenschlag tritt aber bei jeder Füllung des Bassins in allen verschiedenen Höhen und sonach darf auch der Schutz nirgend fehlen, er muß sich mehr auf die ganze innere Böschung ausdehnen, und selbst die Krone, weil auch diese bei hohem Wasserstand von den stürmenden Wellen getroffen wird.

Bei dem in der Nähe von Dublin erbauten sogenannten Reservoir hat man der, dem Wasser zugekehrten Dossinseite des Erddammes eine 2½fache, und im untern Theil sogar eine 3fache Anlage gegeben. Der Damm ist 45 Fuß hoch. Das steile, aus hochkantigen Steinen gebildete Pflaster auf dieser Dossinseite ruht auf einer 3 Fuß starken Kiesschüttung, und darunter befindet sich eine eben so starke Lage von trockenem, sorgfältig verpacktem, fest angerammtem Torf. Derselbe quillt beim Zutritt des Wassers und schließt alsdann sehr dicht die Fugen, und verhindert dadurch das Entstehn von Wasseradern, während er zugleich ein festes Lager für den Kies bildet. In der Mitte des Dammes befindet sich außerdem noch eine starke Thonwand.

Man hat in neuerer Zeit in Frankreich statt der sonst üblichen Steindecken von gleichmäßiger Stärke wiederholentlich ein Profil von niedrigen Mauern zur Sicherung der innern Böschung solcher Dämme zur Ausführung gebracht. Es ist davon schon bei Gelegenheit der trocknen Mauern (§. 5) die Rede gewesen. Das Profil dieser Mauern stellt Fig. 31 auf Taf. III dar. Bei solchen stehenden Abschlusdämmen werden dieselben jedoch aus größern Sicherheit wegen meist in Mörtel ausgeführt, sie unterscheiden sich aber mit den trocknen Mauern in der Eigenthümlichkeit, daß sie auf der Erdschüttung ohne feste Fundirung aufstehen und nur einen Theil derselben nehmen. Man darf deshalb von ihnen nicht erwarten, daß sie ihre Verbindung vollständig erhalten und nicht brechen sollten, aber wenn solche Trennungen und Abbrüche auch entstehn, so bleiben noch immer viel größere Massen einander verbunden, als wenn man einzelne Steine verwenden würde. Die Decke bleibt daher, wenn sie auch zerbrochen ist, doch sicher gelagert und gewährt der darunter befindlichen Erde

die Einwirkung des Wellenschlages. Diese Methode soll sich als zweckmäßig bewährt haben.

In gleicher Weise ist auch der in neuer Zeit ausgeführte Abfallbau vor dem Reservoir Mittersheim geschützt.^{*)} Dieses Weir dient zur Speisung des Saar-Canals. Der Damm besteht aus aufgeschütteter und sorgfältig angestampfter Erde. Seine Länge misst 88 Ruthen, seine größte Höhe 28 Fufs und seine Breite 19 Fufs. Die thalseitige Dossirung hat im obern Theile 1½fache, im untern Theile nahe 2fache Anlage und ist durch 15 Fufs breites Backet unterbrochen. Auf der Seite nach dem Reservoir befinden sich zwei Backete von 9 Fufs Breite, die aber horizontal liegen, sondern fünffache Anlage haben. Dieselben sind 1,5 Fufs hoch mit Steinsatz und Pilaster überdeckt. Die darüber und darunter liegenden Dossirungen sind im Verhältnifs 1 zu 3 bis 3 zu 2 gegen den Horizont geneigt, indem sie abgemauert werden. Sie sind mit trocknen Mauern oder aus Ziegeln von 2 Fufs Stärke überdeckt, und diese stehen auf stark gemauerten Fundamenten.

Man hat auch die beiden beschriebenen Methoden zur Darstellung der Abschlusswände vor Speisebassins mit einander verbunden, und die durchgehende hohe Mauer, welche den Rücken der Krone des Damms bildet, zu beiden Seiten durch angedrückte Erddossirungen verstärkt. Ob hierbei irgend ein Vortheil erreicht wird, muß dahingestellt bleiben, wenn ein solcher Anschluß der Erdschüttung an das Mauerwerk doch nicht erzielt werden kann, und wenn solcher vielleicht auch ursprünglicher vorhanden sollte, wird er beim Setzen der Erde aufgehoben. Daraus ist die innere, oder die dem Bassin zugekehrte Erdböschung denselben Beschädigungen ausgesetzt, als wenn die Mauer vorhanden wäre. Man muß hiernach annehmen, daß die Verbindung der beiden Constructionsarten keineswegs vortheilhaft, und mehr jeder einzelnen nachsteht, und überdies sehr kostbar wird. Die Erfahrung hat diese Ansicht auch bestätigt.

Das Bassin St. Feriol, welches die Scheitelstrecke des Canals

^{*)} Hirsch. Note sur le reservoir de Mittersheim in den *Annales des ponts et chaussées* 1869 I. pag. 218.

du Midi speist, wird durch einen Damm dieser Art geschlossen. Fig. 370 auf Taf. LIII zeigt in *a* den Querschnitt des Damms und in *b* den Grundriss des mittleren Theils desselben. Die Mittelmauer von 100 Fuß Höhe bildet den Kern des Abschlusdamms, ihre ganze Länge beträgt 210 Ruthen. Im Abstände von 200 Fuß befindet sich an jeder Seite noch eine Mauer, gegen welche jedesmal der Fuß der anschließenden Erdböschung lehnt. In der im Reservoir liegenden Mauer ist ein Thurm *B* aufgeführt, welchem man, sobald das Wasser hinreichend tief gesunken ist, zu dem überwölbten Canal und zu den Schützen herabsteigen kann, welche erstern schliessen. Die beiderseitigen Böschungen bestehen aus verschiedenen, und zum Theil aus solchem Material, welches sich zu diesem Zweck wenig eignet. Doch soll ursprünglich eine 6 Fuß starke Decke von zähem Thon auf die Dossirungen aufgebracht gewesen sein. Die innere Dossirung liegt, wie die Fig. zeigt, sehr niedrig, und ist mit keiner Steindecke versehen. Die äussere Dossirung dagegen reicht bis zur vollen Höhe der Mauer hinauf und ist in der Nähe der Krone gepflastert. Die Filtration ist in dem Damme übermächtig stark, und schon früher hat man versucht, durch Verblendung der Mauer auf der Wasserseite derselben zu begegnen. Besonders heftige Adern dringen aber in den überwölbten Gang ein, der zu den Schützen führt, mittelst dessen man das Bassin entleert. Ausserdem ist die Mittelmauer, wie Bernard anführt, sehr stark übergewichen und ausgebaucht, wiewohl sie auf dem gewachsenen Felsboden aufstehn soll. Wenn das Bassin vollständig gefüllt ist, faßt es nach einer ältern Messung 224 Millionen Cubikfuß.

Sehr übereinstimmend mit diesem Damm ist auch derjenige angeordnet, der das Bassin Couson neben dem Canal Givors abschliesst. Man hat indessen hier manche wesentliche Verstärkungen und sonstige Sicherungs-Maßregeln angewendet. Dahin gehört, daß alle drei Mauern, und namentlich die mittlere, viel stärker gemacht sind, als am Bassin St. Fériel. Sie stellen auch in ihren Grundrissen flache Bogen dar, um vor einem Ueberweichen noch gesichert zu sein. Die mittlere Mauer ist überdies mit einem Kern aus Béton von mehr als 6 Fuß Stärke versehen. Ob hierdurch eine größere Sicherheit erreicht ist, muß dahingestellt bleiben, da die Durchführung eines regelmässigen Mauerverbandes ohne Zweifel

eine größere Festigkeit und theils auch dieselbe Wasserseit, die der Béton gewährt, dargestellt haben würde. Die Mittelmauer misst wieder sehr nahe 100 Fufs.

Um Ableiten des Wassers aus den Reservoirs hat man überwölbte Galerien durch die Mauern, und selbst durch Dämme geführt, während man in neuerer Zeit hierzu häufig Röhren benutzt. Hierbei kommt indessen die Anordnung der Abflufs-Oeffnungen und die Art ihres Verschlusses in Betracht. Wählt man eine einzige Abflufs-Oeffnung, so wird das Wasser, je nachdem das Bassin mehr oder weniger gefüllt ist, mit sehr verschiedener Geschwindigkeit ausfließen.

Hierauf kommt es weniger an, doch muß man dafür sorgen, daß große Wassermassen dem Canal schnell zugeführt werden können, damit die Verluste in den Speisegräben nicht zu groß werden. Der sichere Verschluss großer Oeffnungen ist unter starkem Druck sehr schwer, und sobald die Druckhöhe etwa 20 Fufs beträgt, wird man schon Bedenken tragen, solche Schütze anzuwenden, nicht nur, weil sie schwer zu betätigen sind, sondern vorzugsweise, weil dabei irgend welche Leckagen oder Beschädigungen leicht eintreten können, die ein schnelles Herablassen verhindern, während es in der großen Tiefe unmöglich wird, Reparaturen vorzunehmen, oder das Leck zu beseitigen.

Aus diesen Gründen hat man ziemlich allgemein bei großer Höhe des Abschlussdammes mehrere Abflufs-Oeffnungen in verschiedenen Höhen angebracht, von denen jede einzelne nur bei bestimmten Wasserständen benutzt wird, die zwischen ihr und der nächst oberhalb befindlichen liegen. In dieser Weise ist das Bassin von Lampy mit vier Oeffnungen in der Mauer versehen, die abwechselnd auf der rechten und linken Thalseite sich befinden, und von denen eine immer 13 Fufs tiefer liegt, als die folgende. Jede dieser Oeffnungen mündet in einen besondern Abflufs, der sich vom Ufer aus nach dem Speisegraben hinzieht, und die untere Oeffnung in der Höhe der Thalsohle diesem unmittelbar das Wasser zuführt. Auf der innern, oder der dem Bassin zugekehrten Seite sind auf den verschiedenen Banketen von 4 Fufs Breite gebildet, auf denen man zu den Oeffnungen herabsteigen, auch wenn diese noch unter Wasser liegen,

zu den Schützen gelangen kann, um dieselben in Wirksamkeit zu setzen.

In ähnlicher Weise befinden sich in dem Damme Bassin St. Fériel zwei überwölbte Canäle zum Ablassen der Wasserschichten. Der eine liegt 6 Fuß und der andre unter dem Spiegel des gefüllten Bassins. Sie münden in zwei Gräben, die längs beiden Thalufeln herabgeführt sind. Ein dritter ähnlicher Graben nimmt dasjenige Wasser auf, welches im Bassin noch zufließt, während es schon gefüllt ist. Zu diesem Zweck ist ein Ueberfall in geringer Tiefe unter der Krone des Dammes angebracht. Die beiden ersten Canäle werden durch Schütze geschlossen, die man vom Damme aus ziehn und lassen kann. Die unter der zweiten Oeffnung noch bestehende Wassermenge, deren Tiefe 78 Fuß beträgt, wird nicht mehr durch Schütze abgelassen, sondern durch Röhren, in welche Krähne angebracht sind.

In der bereits erwähnten Mauer des Bassins Grosbois befindet sich außer der Oeffnung in der Mitte des Thals, die zum Ablassen des letzten Wassers dient, falls man das Bassin entleeren will, nur ein einziger überwölbter Canal, durch welchen die zur Speisung des Schiffahrts-Canals dienende Wasser hindurchfließt, wie hoch oder niedrig auch der Wasserstand im Bassin sei. Diese Oeffnung ist aber nicht mit der Vorrichtung zum unmittelbaren Abschlusse versehen, auch steht sie nicht in unmittelbarer Verbindung mit dem Bassin. Sie führt vielmehr nur zu einem Thurm oder Brunnen von kreisförmigem Querschnitt, der an der Wasserseite an die Mauer anschliesst, und eben so hoch über dem Bassin steht, wie diese ist. In der cylindrischen Mauerfläche des Thurms sind zu gleichen Abständen vier Oeffnungen angebracht, die auswärts durch Schütze geschlossen, radial in den Thurm führen. Auf diesen Oeffnungen sind die in den äußern Banketen des Thurms angebracht sind, durch welche man zu den Stellen, von wo aus die Schütze bewegt werden können. Das Wasser, welches durch die verschiedenen Oeffnungen abfließt, wird sonach in dem gemeinschaftlichen Brunnen gefangen, und fließt durch den erwähnten Canal in den Speisegraben. Man erreicht hierdurch den Vortheil, daß man nur einen einzigen Graben anlegen durfte, doch soll der heftige Wasserdruck auf der Sohle des Brunnens das Mauerwerk sehr angegriffen haben.

Die Schütze, welche zum Verschluss der Oeffnungen dienen, zuweilen durch Hebel, gemeinhin aber durch Schrauben in der Weise, wie die Schütze in den Schleuseuthoren und Umgehoben, und zwar hat man vielfach die Anordnung in der Art getroffen, dass die am Schütz befestigte Eisenstange im obern selbst die Schraubenspindel bildet, und die metallne Mutter in einem festen Lager ruht und mittelst eines Hebels gedreht wird, so dass ein Schraubenschlüssel in sie eingreift.

Noch wäre hier zu erwähnen, dass die überwölbten Canäle, wenn sie in der Erdschüttung liegen, leicht an ihrer äussern Seite die Bildung von Wasseradern begünstigen, weil die Erde nicht vollständig an die Mauern anschliesst, und wenn dieses öftlich auch der Fall gewesen sein sollte, doch leicht eine Trennung hier eintreten kann. Man pflegt, um solche Trennung zu vermeiden, den Canal mit einem festen Thonschlage zu umgeben, oder aber, wie auch wohl immer geschehn ist, einzelne vordere Pfeiler an den Seiten aufzuführen, und diese mit Gurtbögen, die das Gewölbe umspannen, unter sich zu verbinden. Dagegen erreicht man den Vortheil, dass die Erde oder der Thon an Wasser anschliesst, und wenn dennoch neben der Mauer eine Absonderung erfolgen sollte, die Adern wenigstens nicht in gerader Linie sich hindurchziehen, vielmehr unterbrochen werden.

In beiden Stirnflächen der Canäle befinden sich stets senkrechte Mauern, die theils als Flügel dienen, wogegen die Erdbögen sich lehnen, theils aber auf der Wasserseite häufig mit Schützen versehen sind, in welchen Schütze sich bewegen. Für die Fundirung dieser Canäle kann immer gesorgt werden, da sie entweder in der Thalsohle, oder am Rande der Erdschüttung liegen, so dass sie nie von der letztern, vielmehr immer dem gewachsenen Boden getragen werden.

Was die Ableitung des Wassers durch Röhren betrifft, so wird zunächst die Vorrichtung beschrieben werden, wodurch das Bassin St. Fériol entleert, nachdem der Wasserspiegel bis zur zweiten Schützöffnung gesunken ist. Die Röhren befinden sich nur in der Mittelmauer, wie Fig. 370 zeigt, und das Wasser tritt an dieselben durch einen überwölbten Canal C, sowie auch durch einen solchen D nach dem Thale abfließt. In der Mauer liegen drei gusseiserne Röhren bei A neben einander in

gleicher Höhe, und zwar 6 Fuß über dem kleinen Canal, den die Figur im Fuß der Mauer zeigt. Letzterer dient nur zum Ablassen des Rückstandes aus dem Bassin. und zugleich zum Abführen des Schlammes, der sich auf dem Boden niedergeschlagen hat. Hinter den bereits erwähnten Treppenthüren *B* hat das Wasser freien Zutritt zu dem Canal *C*, doch fließt es nicht in der Höhe der Sohle des Bassins in denselben hinein, sondern etwa 6 Fuß darüber. Dieses geschieht, um die Ablagerung der Schlammes nicht in Bewegung zu setzen, so lange der Schiffahrts-Canal noch gespeist wird. Der Canal *D* unter der äußern Böschung, der das Wasser von den Röhren nach dem Speisegraben führt, ist, wie der Grundriß Fig. 370*b* zeigt, nicht in gerader Richtung gezogen, folgt vielmehr dem frühern natürlichen Lauf des Baches in einer starken Krümmung. Ueber diesem Canal befindet sich ein überwölbter Gang *E*, durch welchen man nach einer Treppe gelangt, die neben den Ausfluß-Oeffnungen der Röhren endigt.

Die Röhren sind 9 Zoll weit, doch bilden ihre Querschnitte nicht Kreise, sondern Ellipsen, deren lange Achsen aufrecht gekehrt sind. Woltman sagt, man habe diese Form gewählt, um eine mehr gesicherte Verbindung mit der Mauer darzustellen. Jede Röhre ist vor der Ausfluß-Oeffnung mit einem Hahn versehen, der, von unten durchbohrt, dem hindurchströmenden Wasser die lothrechte Richtung giebt, damit es unmittelbar in den darunter befindlichen Abzugs-Canal stürzt. Am obern Zapfen jedes Hahns befindet sich ein gezahntes Rad von 2 Fuß Durchmesser, und dieses wird mittelst zweifacher Vorgelege und einer Kurbel bewegt. Die Bewegung soll selbst unter starkem Druck sehr leicht erfolgen. Die Hähne mußten aber noch gegen das Ausheben gesichert werden, und zu diesem Zweck werden sie durch starke Schrauben, die von oben auf ihre Achsen pressen niedergedrückt. Die Auströmung des Wassers soll, wenn das Bassin noch in bedeutender Höhe gefüllt ist, mit übermäßiger Heftigkeit erfolgen, so daß das Mauerwerk erzittert und ein starker Luftstrom entsteht, indem der Strahl die umgebende Luft gewaltsam mit sich reißt.

Mittelst der Hähne kann das Bassin beinahe ganz entleert werden. Will man aber den letzten Rückstand ablassen, so fährt man mit einem Kahn nach dem Thurme *B*, und geht von diesem durch den überwölbten Gang *G*, das Höllengewölbe genannt, bis

Mittelmauer. Man steigt von derselben die Treppe herab, bis das Schütz *H*, welches bisher den kleinen Canal unter Wasser sperrte. Wenn man alsdann noch das äussere Schütz öffnet, so stürzt das Wasser in diesen Canal und führt zugleich Schlammassen mit sich, die im Bassin niedergeschlagen sind. Dieses Wasser wird nicht in den Speisegraben, sondern in denselben abgeschlossen ist, in das natürliche Bette des Baches geleitet. Das Bassin wird dadurch vollständig entleert und man alsdann die erforderlichen Räumungen und Instandsetzungen vornehmen. Man hat dieses Bassin mit dem von Lampy verbunden, so daß Beide durch denselben Bach gefüllt werden, je nachdem man ihn in das eine oder das andre leitet.

In ältern Englischen Canälen kommen Anordnungen vor, bezug auf die Röhrenleitung der eben beschriebenen sehr ähnlich. Fig. 368 zeigt eine solche, die zum Ablassen des Wassers aus dem Speisebassin in den Birmingham-Warwick-Canal führt. Der Damm besteht aus einer Erdschüttung, die durch eine Puddle (*Puddle*) in der Mitte gedichtet ist. Unter beiden Dämmen befinden sich überwölbte Canäle, von denen der äussere über der Sohle mit einer hölzernen Laufbrücke versehen ist, über welcher man zu dem Hahn am Ende der Röhre gelangt. Die Höhe des Gewölbes über dieser Brücke misst 4 Fufs, so daß man ohne grofse Unbequemlichkeit hineingehn kann. Die Röhre besteht aus Gufseisen und ist mit einer abwärts gekehrten Klappe versehen, welche durch einen gewöhnlichen Hahn geöffnet und geschlossen wird. Ihre Länge beträgt 21 Fufs.

Über dieser verschließbaren Ausflufs-Mündung ist noch ein überwölbter Canal durch den Damm gezogen, und mit Brunnen von denselben Dimensionen und derselben Einrichtung, wie Fig. 369 zeigt, in Verbindung gesetzt. Dieser Brunnen mündet nicht auf der Sohle des Thals, sondern seitwärts auf der Thalwand. Seine Sohle, die durch ein 3 Fufs hohes Fundament gesichert ist, liegt 5 Fufs höher, als die Sohle des überwölbten Canals, der zu der Röhrenleitung führt. In gleicher Höhe über derselben mündet seitwärts ein cylindrischer Canal von 2½ Fufs lichter Weite, der durch den Damm geführt am Fufs desselben in einem Graben endet, der das hierher geleitete Wasser nach dem natürlichen Bette des Baches leitet.

Der Brunnen, 9 Fuß weit und in den Seitenmauern $1\frac{1}{2}$ Fuß stark, erreicht nicht die Kronenhöhe des Dammes, sondern bleibt 2 Fuß darunter. Er ist oben mit einer ringförmigen Schicht fester Werksteine überdeckt, die durch einen Fugenschnitt, ähnlich dem in Fig. 14 auf Taf. II dargestellten, in einander greifen. Darüber befindet sich ein eisernes Gitter, um größere Körper, die den Abzugs-Canal sperren könnten, von demselben abzuhalten. Der Zweck dieser Anlage ist nur, das Eintreten eines zu hohen Wasserstandes im Bassin zu verhindern. Sobald nämlich der Wasserstand hier seine normale Höhe erreicht hat, so befindet er sich im Niveau des obern Randes des Brunnens, und wenn noch mehr Wasser hinzufließt, so stürzt dieses hinein. Er versieht also die Stelle der sonst üblichen Ueberfälle in der Krone der Dämme und Abschlusmauern.

In neuerer Zeit hat man statt der Hähne, die bei großer Weite der Röhren theils schwer zu bewegen sind, theils auch nicht dicht zu schliessen pflegen, in gleicher Art, wie bei gewöhnlichen Wasserleitungen Schiebeventile (Theil I § 22) eingeführt. Unter Andern ist dieses auch geschehn bei dem von Telford erbauten Speisebassin für den Birmingham-Warwick-Canal. Den Querschnitt des daselbst befindlichen Abschlusdammes nebst der Röhrenleitung zeigt Fig. 372. Der Damm in der Mitte, mit einer starken Thonwand versehen, wird durch keine überwölbten Canäle und Galerien unterbrochen, vielmehr erstreckt sich nur eine gewöhnliche gusseiserne Röhrenleitung von dem Fuß der einen Dossirung bis zu dem der andern. An der Ausmündung der Röhrenleitung, deren lichte Weite $1\frac{1}{2}$ Fuß mißt, befindet sich das Schiebeventil. Um dasselbe indessen zu unterstützen, oder es in Stand setzen zu können, wenn es schadhaft geworden sein sollte, befindet sich auf der andern Seite, nämlich in der Einmündung, also im Bassin, noch ein zweiter Verschluss. Dieser ist Fig. 373 *a* und *b* in größerm Maassstabe, und zwar in der Seitenansicht und zum Theil noch in der Ansicht von oben besonders dargestellt. Die Röhre ist nämlich aufwärts gekrümmt, und in der Stirnfläche sorgfältig abgeschliffen, so daß eine gusseiserne Scheibe sie genau verschließt. Diese Scheibe dreht sich um eine horizontale Achse, die von der Röhre getragen wird, und ist mit zwei starken Armen versehen, die rückwärts von der Achse ausgehn, und woran die Ketten befestigt sind, die zum

und Schließen dienen. Zu diesem Zweck sind sowohl über, als unter der Röhre je zwei Rollen angebracht, über welche die Ketten gezogen sind. Die beiden zusammengehörigen Ketten hängen sich in geringem Abstände mittelst eines hebel förmigen Gliedes an je eine, und diese beiden sind längs der Dampfkessel eisernen Röhren auf die Krone des Damms gezogen, und sie in entgegengesetzter Richtung an eine Walze befestigt, so daß eine Kurbel und doppeltes Vorgelege in Bewegung geräth. Je nachdem man also die Kurbel in der einen oder andern Richtung dreht, wird die Klappe geöffnet oder geschlossen. Mit der kräftigen Winde ist es möglich, die Klappe bei hohem Wasserdruck zu öffnen, wenn das Schieberventil dem Ende der Röhre auch nicht scharf schließen sollte. Wenn der Abfluß erfolgen soll, so wird zuerst die Klappe gehoben, wenn man ihn unterbrechen will, zuerst das Schieberventil niedergedrückt, bevor die Umstellung beziehungsweise von diesem und jenem erfolgt.

Endlich sind noch die heber förmigen Röhrenleitungen zu erwähnen. Eine solche ist an dem Bann-Reservoir angebracht. *) Auf Taf. LIV zeigt dieselbe. Sie liegt nicht unter dem Reservoir, sondern auf diesem, ist also mit Ausschluß des in das Reservoir herabreichenden Schenkels überall zugänglich. Dieser Heber besteht aber nur aus der einfachen Röhrenleitung und ist von allen Maschinentheilen oder Vorrichtungen zum Schließen getrennt, woher auch keine Beschädigungen daran vorkommen können. An der Einmündung der Röhre befindet sich nur ein starkes Gitter, um das Eintreiben von größern Körpern zu verhindern. Die Leitung ist in gewöhnlicher Weise aus einzelnen Stücken zusammengesetzt, und kann an ihrer Ausmündung durch ein Schieberventil geschlossen werden. Außerdem ist im Reservoir noch eine aufwärts gekehrte kleine Ansatzröhre angebracht, die dazu dient, den Heber in Thätigkeit zu setzen, theils um ihn bald es nöthig wird, durch Zulassen von Luft seine Thätigkeit zu unterbrechen.

Man kann den Heber wirken lassen, während der Wasserstand

Description of the Bann Reservoir by Mallet, in Weale's Quarterly Engineering. Vol. VI, Part. I.

im Bassin niedriger ist, als in der Figur angegeben, und das Wasser den Heber noch nicht gefüllt hat, so öffnet man die Ansatzröhre und stellt eine Pumpe darauf. Wenn diese bewegt wird, nachdem das Schiebeventil geschlossen ist, so zieht sie die Luft aus der Leitung aus, und indem das Wasser unter dem Druck der Atmosphäre in den luftverdünnten Raum eindringt, so fließt es durch den obern Theil in den abwärts gekehrten Schenkel bis zum Schiebeventil und füllt diesen, sowie auch zuletzt die Scheitelsecke der Röhre vollständig an. Daß dieses geschehn, giebt sich dadurch zu erkennen, daß aus der Pumpe nicht mehr Luft, sondern Wasser ausfließt. Alsdann schließt man die Ansatzröhre mit einem Hahn, und sobald man nun das Schiebeventil öffnet, so tritt der Heber in Wirksamkeit. Wenn keine Luft hineintritt, auch die Leitung vollständig gedichtet ist, so kann man allein durch das Schiebeventil die Strömung beliebig unterbrechen und später wieder eintreten lassen. Besorgt man dagegen, daß das Bassin sich zu hoch anfüllen möchte, so setzt man den Heber durch Oeffnen der Ansatzröhre außer Thätigkeit und öffnet zugleich das Ventil. Sobald nun das Wasser bis gegen die Krone des Dammes ansteigt, also etwa den in der Figur gezeichneten Stand annimmt, so füllt es von selbst die Röhrenleitung und fließt durch dieselbe ab. Ein zu starkes Entleeren des Bassins ist aber alsdann nicht zu besorgen, weil die Leitung, so lange die Ansatzröhre geöffnet bleibt, nicht als Heber wirken kann, und die hinzutretende Luft die Strömung unterbricht, sobald der Scheitel der Leitung über Wasser tritt.

In dem bereits beschriebenen Erddamm vor dem Reservoir von Mittersheim hat man gleichfalls einen Heber angebracht, um die Ueberfüllung des Sammelbassins zu verhindern und um bei sehr heftiger Zuströmung zugleich einen stärkern Abfluß, als über ein Wehr zu veranlassen. Die Ableitung durch die Rigole nach dem Saar-Canal erfolgt in gewöhnlicher Weise durch Canäle im Damm, welche durch Schütze geschlossen werden. Dagegen befindet sich in der Mitte des Dammes eine Art von massivem Thurm, der noch über die Krone hinaufreicht, und in diesem liegen die erwähnten Heber.

Zwei derselben, jeder aus 27 Zoll weiten Röhren gebildet, liegen neben einander ohne in gegenseitiger Verbindung zu stehen.

Mündungen befinden sich etwa 10 Fufs unter dem zu-
 letzten Wasserstande des Reservoirs und die Ausflufs-
 mündung über der Thalsohle. Ihre Scheitel liegen in
 der Höhe, daß das Wasser im Bassin durch den Heber zu-
 fließen kann, wenn es die normale Höhe erreicht. Mit den
 Hebern noch verschließbare enge Röhren in Verbindung,
 durch welche man die Heber außer Thätigkeit setzen, oder bei
 Verstopfung auch zur vollen Wirksamkeit bringen kann.*)
 Bisher nur von solchen Speisebassins die Rede gewesen,
 die in Absehlufs tiefer Thäler gebildet werden. Man kann
 aber auch in der That geschieht, flache Sumpfgegenden,
 oder Landseen als Bassins benutzen. Die erforderlichen
 Vorrichtungen sind aber in diesem Fall, da ein starker Wasser-
 druck nicht vorkommt, so einfach, daß sie keiner weiteren
 Beschreibung bedürfen, vielmehr die früher beschriebenen Stau-
 wehre neben gewöhnlichen Schützen, hierzu genügen.

§. 86.

Erdarbeiten.

Da der Zug des Canals, sowie auch das Querprofil des-
 selben, der Einschlufs der beiderseitigen Leinpfade bestimmt ist,
 so ist das Längenprofil und die nöthigen Querprofile auf-
 genommen, gemessen wird, so folgt hieraus unmittelbar, wie hoch
 eine Stelle der Oberfläche durch Aufschüttung erhöht, oder
 gesenkt werden muß. Die Ausdehnung der Erd-
 arbeit ist also schon vollständig aus den frühern Er-
 mittlungen zu entnehmen. Hier soll zunächst von den Ausführungen in ziem-
 lich ebenem Terrain die Rede sein, während später der schwie-
 rige Fall behandelt wird, wobei tiefe Ausgrabungen oder hohe
 Aufschüttungen vorkommen.

Da das Längenprofil des Canals sich ziemlich nahe dem
 Niveaue befindet, so pflegen bei den Erdarbeiten keine besondern
 Vorrichtungen einzutreten. Die gehörige Anordnung der Arbeiten

* *des ponts et chaussées.* 1869 I. pag. 228.

erfordert jedoch selbst in diesem Fall, daß man schon bei Aufstellung des Anschlags die nöthigen Erdtransporte in der Art vertheilt, daß die Ausgrabungen zweckmäßige Verwendung finden, und die Transportweiten möglichst klein bleiben, auch so weites geschehn kann die Auf- und Abträge sich ausgleichen. Die Transportkosten sind den Produkten aus den bewegten Massen in die Längen der Wege proportional, wobei freilich noch die stärkern Steigungen in den letzten berücksichtigt werden müssen, daher fällt die Aufgabe, um deren Lösung es sich hier handelt, in das Gebiet der Statik, und betrifft die Auffindung der Schwerpunkte. Der Französische Ingenieur Léon Lalanne legte der Pariser Academie im Jahr 1839 eine Wage vor, die nach dem Princip einer Römischen Wage construirt, dazu diente, den Schwerpunkt großer Erdmassen, oder den Punkt zu finden, in welchem man deren ganzes Gewicht vereinigt denken konnte. Man hing nämlich an den einen Arm in verhältnismäßigen Abständen von dem Drehpunkt Gewichte an, welche dem Flächeninhalt der einzelnen Profile entsprachen, und verschob auf dem andern Arm ein Gewicht, welches der Summe dieser Gewichte gleich war, so lange, bis das Gleichgewicht dargestellt war. Der Abstand dieses letzten Gewichts von der Drehungsachse gab alsdann die Lage des Schwerpunkts, oder desjenigen Punktes an, in welchem man die ganze Masse als vereinigt annehmen durfte. Es liege z. B. der Canal eine gewisse Strecke hindurch im Abtrage, das heißt in jedem einzelnen Querprofil sei der Abtrag größer, als der Auftrag, so daß hier die ausgegrabene Erde nicht vollständig verwendet wird, daher in eine andre möglichst nahe liegende Strecke verfahren werden muß, wo das Gegentheil stattfindet. Die Grenze, wo die Profile aus dem Abtrage in den Auftrag übergehn, nehme man als Anfangspunkt für die Entfernungen an, doch ist diese Annahme willkürlich, und man kann, ohne die Richtigkeit des Resultats zu beeinträchtigen, dafür auch jeden andern beliebigen Punkt wählen. Wenn man nun an den einen Arm in verhältnismäßigen Abständen die entsprechenden Gewichte hängt, so findet man leicht durch Verschieben des Gegengewichts den gemeinschaftlichen Schwerpunkt, oder den Abstand der mittlern Entfernung des fortzuschaffenden Abtrags von der Drehungsachse. Es muß dahin gestellt bleiben, ob dieses Verfahren vor der Berech-

des Schwerpunkts (wenn dieselbe innerhalb der gleichen oder Genaugkeit gehalten wird) im Allgemeinen vorzuziehen, richtiger zum Resultat führt.

Bei der Ausführung wird vorausgesetzt, daß man die Flächeninhalte der einzelnen Profile bereits kennt. Früher ermittelte man dieselben durch Zerlegung in Dreiecke gegenwärtig wird wohl allenthalben das Amsdersche Planimeter angewendet, doch läßt sich die Ausführung noch erleichtern, wenn man für verschiedene Querschnitte die Flächeninhalte berechnet und in einer Tabelle zusammenstellt. Auf die Genaugkeit kommt es bei dieser ganzen Operation indessen nicht an, da die Ausführung doch immer, schon mit Rücksicht auf die verschiedene Beschaffenheit des Bodens, manche Abweichungen zu zeigen pflegt. Die erwähnte Tabelle muß aber zweifach angeordnet sein, nämlich einmal die Höhe der Canalsohle über der Terrainhöhe in der Achse des Canals, und sodann die Neigung des Terrains in der Richtung des Querprofils. Nachdem das Querprofil des Canals bestimmt war, man also nicht nur die Sohlenbreite, sondern auch seine Böschungen, die etwaigen Uferhöhen, die Höhe und Breite der Lempfade, die Neigung der angrenzenden Dossirungen, auch die Profile der Seitengraben bei der Ausführung der Tabelle schon berücksichtigt hat, so kann man bei gegebenem Querschnitte, wenn man dieses, wie auch die Terrainhöhe kennt, die Auf- und Abträge in den einzelnen Profilen, den Ueberschuß des Auftrags über den Abtrag oder umgekehrt, aus der Tabelle entnehmen.

Die Erdarbeiten werden so angeordnet, daß für gewisse Strecken eine Ausgleichung des Auf- und Abtrags eintritt. Wenn diese aber nicht vollständig zu erreichen sein sollte, und man den Ueberschuß des Abtrags zur Seite ablagern, oder den fehlenden Auftrag von der Seite entnehmen müßte, so bemüht man sich doch, jene Ausgleichung, soweit dieses ohne zu ausgedehnte Arbeiten geschehn kann, eintreten zu lassen. Daß aber bei der Ausführung solche Ausgleichung in den einzelnen Profilen sich vermeiden schon oben (§ 82) erwähnt worden.

Bei der Ausführung des Abgrabens ist wenig zu erinnern. Es geschieht in der einfachsten Weise, durch Handarbeit mit dem Spaten, wenn auch bei tief liegenden Canälen die Beseitigung des Grundes große Schwierigkeiten macht, und man es daher vorzieht,

die Vertiefung durch Ausbaggern zu bewirken. Dieses ist in manchen Fällen schon wegen der leichtern Wassertransporte wohlfeiler, und man erreicht dabei noch den wesentlichen Vortheil, daß die Dossirungen in weichem und sehr nassem Boden sich besser halten, als wenn man den Canal durch Fangedämme in kleinere Theile abschließt, und diese durch Schöpfmaschinen trocken legt. Ferner wäre hierbei noch zu erwähnen, daß bei trockenem Thonboden, und in gleicher Weise auch bei Kies, der mit Thon durchzogen ist, das Aufbrechen desselben große Schwierigkeiten macht, so daß man nicht unmittelbar mit dem Spaten die Erde abstechen kann, sie vielmehr vorher mit der Hacke lothauen muß. In diesen Fällen hat man zuweilen eine wesentliche Erleichterung der Arbeit darin gefunden, daß man den Boden vorher aufpflügen läßt.

Ueber den Transport der Erde ist bei der vorausgesetzten Ebenheit des Terrains nichts Besondres zu erwähnen. Ungewöhnliche Mittel, von denen man schon hier zuweilen Gebrauch macht, gewinnen bei ausgedehnteren Erdarbeiten in hohem Grade an Bedeutung, und sie sind daher passender bei Gelegenheit der tiefen Einschnitte und hohen Schüttungen zu beschreiben.

Was endlich die Aufbringung der Auftragerde betrifft, so ist dabei vorzugsweise auf die Vermeidung der Filtration Rücksicht zu nehmen, und es gelten deshalb hier dieselben Regeln, die schon bei Gelegenheit der Abschlusdämme an Speisebassins aufgestellt wurden (§ 85).

Bevor die Aufschüttung beginnt, muß der Rasen vom Boden abgestochen werden, weil derselbe eine innige Verbindung verhindern und zu einem starken Durchquellen Veranlassung geben würde. Der Rasen wird aber, sofern er hinreichend fest und kräftig ist, zur Seite in Haufen aufgestellt, damit er nach der Ausführung der Erdarbeiten zur Bekleidung benutzt werden kann. Indem man ihn aber nicht an derselben Stelle wieder zu verwenden braucht, wo er abgestochen ist, er vielmehr an andern Canaltheilen, die bereits in der Erdarbeit vollendet sind, sogleich benutzt werden kann, so läßt sich das zu starke Eintrocknen desselben größtentheils vermeiden.

Man pflegt sich indessen in vielen Fällen mit dem bloßen Abstechen des Rasens nicht zu begnügen, weil hierdurch eine ziemliche

Die Oberfläche dargestellt wird, die wieder mit der darauf gesütteten Erde sich nicht innig verbindet. Es wird deshalb die abgelöste Oberfläche noch mit der Hacke aufgebauert und rauh gemacht, oder man pflügt sie auch wohl auf. Bevor diese Arbeiten vorgenommen werden, müssen indessen schon die Grenzen der aufzubringenden Anschüttungen bezeichnet und überhaupt die Profile abgesteckt sein. Dieses geschieht, indem man in gewissen Abständen, also etwa von 5 zu 5 Ruthen Chablonen aus Latten stellt, welche die Profile der aufzubringenden Anschüttungen bezeichnen. Es ist aber, besonders bei hohen Anschüttungen, nicht nöthwendig, diese Chablonen sogleich mit großer Sorgfalt und Genauigkeit einzurichten, weil sie bei dem Erdtransport und beim Festigen der Erdschichten doch keineswegs unverrückt erhalten werden können, und das genaue Einstellen derselben später vorgenommen werden muß, wenn die Erdarbeiten sich ihrer Vollendung nähern. Man pflegt auch anfangs sich mit senkrecht eingestossenen Latten zu begnügen, und braucht diese noch nicht mit den zurübragenden Verbindungs-Latten zu versehen, welche die Dossirungen herstellen, weil solche den Erdtransport zu sehr erschweren würden.

Bei Bezeichnung der Höhen muß indessen schon auf das Sinken der Anschüttungen Rücksicht genommen werden, und es ist deshalb nöthwendig, jede bezeichnete Höhe in einem gewissen Verhältniß zu vergrößern. Wie groß dieses angenommen werden soll, ist nach den bisherigen Beobachtungen schwer anzugeben, jedenfalls darf man aber voraussetzen, daß das Sinken oder Schwinden der angeschütteten Erde in Canaldämmen, die stets der Nässe ausgesetzt bleiben, geringer ist, als in Deichen. Außerdem kommt es hierbei noch auf die Art der Belestigung an. Je sorgfältiger diese ausgeführt wird, um so geringer wird das Sinken sein. Vielleicht entfernt man sich nicht weit von der Wahrheit, wenn man unter Voraussetzung eines sorgfältigen Zusammens der Erde, und zwar in dünnen Schichten, annimmt, daß das Sinken den vierundzwanzigsten bis zwölften Theil der Höhe der Anschüttung beträgt. Das erste Verhältniß würde bei sehr sandigem und das letzte bei sehr thonigem Boden Anwendung finden.

Daß die aufzubringende Erde rein sein muß, ist bereits II. IV.

früher erwähnt. Es dürfen keine Rasen, kein Torf, keine Aeste, Sträucher u. dgl. sich darin befinden, und wenn Steingerölle auch nicht unbedingt als unbrauchbar zur Anwendung anzusehn sind, so dürfen solche doch nur mit großer Vorsicht verwendet werden, damit sie nicht etwa, wenn sie in durchgehenden Schichten verbraucht wären, zu einem starken Durchweichungsanlassung geben. In gleicher Weise muß man auch mit den sandigen und den thonigen Boden verwenden, wenn sie gleichzeitig im Abtrage vorkommen. Es ist daher im Allgemeinen sehr zweckmässig, ein gewisses Sortiren der verschiedenen Materialien eintreten zu lassen. Es darf kaum erwähnt werden, dass es ganz überflüssig ist, dieses mit der größten Genauigkeit zu nehmen, und dadurch die ganze Arbeit zu erschweren und theuern, aber wenn die Aufseher gehörig angewiesen sind, so ist es leicht, die Züge der Handkarren oder die einzelnen Arbeiter auf diejenigen Stellen fahren zu lassen, wo das Material, das sie enthalten, die passendste Verwendung findet. Man wird nicht dafür sorgen müssen, dass durch die ganze Länge des Dammschüttung ein gewisser zusammenhängender Kern von guter Erde sich hindurchzieht, der die Bildung von durchgehenden Wasseradern verhindert. Man kann diesen Kern in der Mitte der Dammschüttung anbringen, und eben so vortheilhaft auch an der innern, oder der dem Wasser zugekehrten Dossirung, was selbst nicht nur den angegebenen Zweck erfüllt, sondern dem auch zur bessern Befestigung der Dossirung dient. Es ist aber, wo er auch liegen mag, sich unmittelbar an den natürlichen Untergrund anschließen, darf also nicht etwa, wie die Canalsole über dem natürlichen Terrain läge, in der Hölle der selben erst beginnen. Eine Verkleidung der äußern oder der wärts gekehrten Dossirung mit besserer Erde ist zur Befestigung des Graswuchses, also zur Befestigung des Damms sehr nützlich, doch würde es nicht zweckmässig sein, an der Stelle den wasserdichten Abschluss darstellen zu wollen, wenn das Wasser, wenn es bereits durch den Damm gedrungen, die äußere Decke leicht durchbrechen und durch dieselbe einen Weg finden würde. Es empfiehlt sich daher, den Hauptkörper des Damms, falls man nur ein mässiges Quantum guter Erde aus dem schlechtern Boden aufzuschütten, und denselben

erseite etwa 4 Fufs und auf der Landseite 1 Fufs stark mit
der Erde zu verkleiden. Nichts desto weniger lassen sich
genauere Kenntnifs der zu verwendenden Erdarten und der
Tiefen des Wassers keine allgemeine Regeln aufstellen, und
da die Erde so schlecht sein, dafs sie selbst bei dieser Verwen-
dung der Filtration nicht mit Sicherheit begegnet, so bleibt nur
eine künstliche Dichtung vorzunehmen, von der im Folgenden
Bede sein wird.

Wenn die Schüttung im Rohen vollendet ist, so werden die
Solen mit grosser Sorgfalt aufs Neue eingerichtet, und die
Gründungen, so wie auch die Kronen der Dämme und Bankete
nach genau ausgeglichen, und je nachdem es nöthig ist, abge-
graben oder aufgefüllt, in beiden Fällen aber durch hölzerne
Schlägel oder mittelst Stampfen möglichst befestigt. Die Dossi-
gen über Wasser erhalten gewöhnlich eine Rasendecke, und
sie kann entweder durch Belegen mit den abgestochenen Soden
oder Rasen, oder auch durch Besamung gebildet werden. Das
Erstere wird allgemein als das Vorzüglichere angesehen, weil die
Soden, wenn sie aufgelegt sind, sich doch nicht innig mit dem
Untergrunde verbinden. Man mufs aber, wenn man die Rasen auf-
legt, dafür sorgen, dafs sie nicht zu stark eingetrocknet sind, weil
sie alsdann gar nicht, oder doch nur kümmerlich anwachsen,
während müssen sie fest aufliegen, auch genau an einander
anheften. Zu dem letzten Zweck pflegt man sie nicht ganz frisch,
sondern etwas eingetrocknet zu verwenden. Sie quellen alsdann
bei Benetzung, und stellen dadurch einen dichten Schluß dar.
Wenn ein hölzerner Schlägel werden sie auf den vorher benetzten
Soden angetrieben, und es ist nothwendig, sie sogleich nach dem
Anbringen stark zu begiefsen, und dieses auch so lange täglich
zu setzen, bis sie angewachsen sind. Man überzeugt sich leicht,
dafs dieses Begiefsen unter Umständen überaus kostbar werden
kann, und selbst im günstigsten Fall bedeutende Ausgaben veran-
lassen, während es in sehr trockner Jahreszeit, und wenn der Canal
nicht mit Wasser gefüllt ist, dennoch das Vertrocknen des Rasens
in dessen freier Lage zuweilen nicht verhindert. Hiernach ist es
wohl die Rasenbekleidung nur in nasser Witterung aufzubringen,
zuweilen geschieht dieses erst nach der Füllung des Canals.
Wenn dagegen der Rasen durch Besamung gebildet wird, so ist

das Begießen entbehrlich, und die Arbeit wird in jeder Beziehung erleichtert, aber es tritt der Uebelstand ein, daß die Dossirungen längere Zeit hindurch kahl bleiben, und die Rasendecke sich erst nach einigen Jahren vollständig ausbildet. Man pflegt alsdann zwar im nächsten Frühjahr mit dem Grassamen zugleich Hafer auszusäen, der einen nothdürftigen Schutz bald gewährt, namentlich wenn man ihn nicht hoch aufschießen läßt, sondern ihn häufig abmäht. Auch wenn er abgestorben ist, dienen seine Wurzeln zur Bedeckung des Bodens, so daß weder Wind noch Regen die Erdtheilchen entfernen und dadurch das Anwachsen des Grasses verhindern.

Zuweilen ist der Boden so schlecht, daß die Bildung des Rasens durch Besamung zunächst unmöglich ist und selbst Hafer und andre Kräuter darauf nicht fortkommen, auch wegen der allgemeinen schlechten Beschaffenheit des Bodens aus den Umgebungen kein brauchbarer Rasen beigebracht werden kann. Dieser Fall trat bei der Ausführung des Ems-Canals in der Nähe von Lingen ein. Der Boden bestand in weiter Entfernung nur aus Sand und Moorerde, er überzog sich nirgend mit festem Rasen, und wenn er ohne Befestigung gelassen wurde, war er ein Spiel des Windes, und die angefangenen Ausgrabungen waren der Gefahr ausgesetzt, beim nächsten Sturm vollständig wieder verschüttet zu werden. Unter diesen Umständen wurden Rasen gestochen, die nicht mit Gras, sondern mit Heidekraut durchwachsen waren, und da auch diese nicht so reichlich vorkamen, daß man die entblößten Flächen in der Nähe des Canals und die Canaldämme damit vollständig hätte belegen können, so begnügte man sich, sie streifenweise in 3 bis 4 Fuß Abstand von einander, und zwar in zwei Richtungen zu verlegen, so daß sich quadratische Räume bildeten, die zwar unbedeckt blieben, in denen jedoch das Abtreiben des Sandes durch die Umschließungen verhindert wurde. Man bemerkte indessen bald, daß die Rasen in sehr kurzer Zeit durch den Wind zerstört wurden und nach und nach fortflogen, wenn man sie in der Richtung, wie sie gewachsen waren, verlegte. Die Pflänzchen wurden nämlich vom Winde hin und her bewegt, lösten sich dadurch bald von dem sie umgebenden Sande, und wurden fortgetrieben. Man versuchte daher, die Rasen umgekehrt auf den Boden zu legen, nämlich die Wurzeln mit der umgebenden Erde

sch oben. Dieses zeigte sich als vortheilhafter, indem die vielfach verzweigten Wurzeln den Sand zwischen sich festhielten, und irgend ein Gegenstand vorragte, der vom Winde besonders angegriffen werden konnte. Diese Art der Bedeckung versprach inlassen offenbar keine Dauer, und noch weniger war zu erwarten, als die Rasen auswachsen und nach und nach den Boden übernehmen würden. Sie dienten nur zum vorläufigen Schutz, damit irgend eine andre Vegetation sich dazwischen ausbilden konnte. Eine solche beförderte man dadurch, daß man eine sonst ganz nutzlose Pflanze, die hier häufig vorkommt, nämlich Spargel oder Spark (*Spergula pentandra*) zwischen die Haiderasen säete. Sie gedieh sehr gut, und obwohl sie selbst, bei ihrer geringen Höhe und dünnen Beschaffenheit noch wenig zur gehörigen Sicherung des Bodens beitragen konnte, so überdeckte sie denselben doch so weit, daß in diesem Schutz eine kräftigere Vegetation sich endlich ausbildete. Zur Förderung der letztern hat ohne Zweifel die Anfüllung des Canals mit Wasser wesentlich beigetragen, aber kaum ist eine größere Veränderung des Bodens denkbar, als hier eingetreten ist, indem die kräftigsten Waldungen und Wiesen den Boden bedecken, der vor fünfzig Jahren nur fliegenden Sand zeigte und spärlich mit Saldekraut überzogen war.

Häufig pflanzt man auch Bäume zur Seite des Canals an, doch wird dieses keineswegs allgemein für zweckmäßig erachtet, vielmehr besorgt man zuweilen, daß das Wasser durch die hineinfallenden Blätter verunreinigt, auch die Filtration durch die Wurzeln der Bäume befördert werde, indem sie sich nach dem Wasser ziehen, und die Gleichmäßigkeit des Bodens unterbrechen. Der letzte Grund ist von keiner Bedeutung, dagegen ist nicht in Abrede zu stellen, daß die Wasserdichtigkeit allerdings beeinträchtigt wird, sobald vielfache und besonders stärkere Wurzeln den Boden durchdringen. Dieser Umstand würde indessen nur Veranlassung sein, die Bäume nicht auf den hintern Rand der Leinpfade, oder nicht unmittelbar hinter die aufgeschütteten Dämme zu stellen, wogegen die Bepflanzung eines höhern Ufers ohne Nachtheil ist. Dabei tritt noch der Vortheil ein, daß der Wind etwas gemäßiget, auch der Canal beschattet wird, also die Verdunstung sich verringert. In den Englischen Canälen sieht man dergleichen Baumpflanzungen häufig, doch dieses wohl weniger aus dem Grunde, daß man sie

für schädlich hält, als weil man dort alles Entbehrliche zu vermeiden pflegt. Wohl aber sind daselbst gemeinhin niedrige lebendige Hecken an den äußern Seiten der beiden Dossirungen angepflanzt. Dieselben dienen zur Bezeichnung der Grenze des zum Canal gehörigen Terrains. In Frankreich dagegen werden die Canäle zu beiden Seiten von Reihen hochstämmiger Pappeln eingeschlossen, die daselbst auch sehr gut gedeihn.

Wenn man nahe unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel Bankete anbringt (§. 83), so müssen dieselben mit Sumpfpflanzen bewachsen sein, weil sie sonst dem dahinter liegenden Ufer nicht den nöthigen Schutz gegen den Wellenschlag gewähren, auch selbst durch diesen zu sehr leiden. Die Pflanzen, deren Wurzeln man hier vorzugsweise zu stecken pflegt, sind die gelbe Schwertel (*Iris pseudacorus*), der Rohrkolben (*Typha latifolia*), Kalmus (*Acorus Calamus*), und gewöhnliches Rohr (*Arundo phragmites*), doch gedeiht letzteres nur, wenn das Banket stets mit Wasser bedeckt bleibt.

Ueber die Befestigung der Leinpfade ist Einiges mitzutheilen. Dieselben liegen entweder auf aufgeschütteten Dämmen, welche nach beiden Seiten entwässern, oder am Fuß des höhern Ufers, und im letzten Fall sind sie von demselben durch einen Graben getrennt, so daß das Bergwasser sie nicht unmittelbar trifft. Für ihre gehörige Entwässerung läßt sich daher gewöhnlich sorgen, doch erheben sie sich zuweilen nur wenig über den Wasserspiegel des Canals, und wenn die Erde, aus der sie aufgeschüttet sind, die Feuchtigkeit stark anzieht, so können sie leicht stellenweise sich in Sümpfe verwandeln. Um den Leinenzug nicht zu sehr zu erschweren, ist es alsdann nothwendig, sie mit einer festen Decke, also mit einer leichten Chaussirung zu versehen. Dieses ist auch der Fall, wenn der Boden sehr sandig ist, derselbe also zur Zeit der Dürre sich auflockert, und alsdann sogar durch den Wind in den Canal getrieben werden könnte. Um das Abtreten des vordern Randes des Leinpfades zu verhindern, schließt man denselben zuweilen mit einer Reihe größerer Steine ein, wie dieses bei Englischen Canälen oft vorkommt.

Eine besondere Befestigung bedarf der Leinpfad in sehr sumpfigem Boden. Die benetzten Dossirungen zur Seite eines Canals pflegen sich nicht nur im Torf, sondern auch in weniger festem Grunde zu halten, so lange der Druck des Wassers beinahe eben

ist, als der des stark durchnässten und nur wenig höhern ist. Dieses Gleichgewicht wird aber aufgehoben, wenn zur Befestigung und Trockenlegung des Leinpfades eine höhere Lage aufbringt. Letztere kann in diesem Fall nicht von dem Grund getragen werden, sie versinkt daher, und drückt die Lage in den Canal hinein. Wollte man alsdann die Anschüttung weiter fortsetzen, so würde dieselbe Erscheinung sich wiederholen, also der Zweck doch nicht erreicht, und der Canal aufgerengt werden. Es ist also nothwendig, unter solchen Umständen einen Leinpfad aus irgend einer dünnen und leichten Decke zu legen, die nicht so stark auf dem Boden lastet, daß sie darin versinkt, aber doch hinreichend fest ist, um Menschen und einzelne Pferde zu tragen. Wenn Menschen den Leinenzug ausüben, so ist die Lösung der Aufgabe nicht schwierig. Man darf nur eine leichte Leinwandpackung aufbringen, auch genügt schon eine Reihe Bohlen, die auf den Leinpfad verlegt wird. In Holland stellt man die Wege auch häufig durch Schüttungen von Muscheln dar, oder man wirft oft einige Zoll hoch Kies und Bauschutt, und wenn man die Wege besonders haltbar und fest machen will, so legt man darauf noch eine Schicht Klinker hochkantig in Sand gepflastert. Sobald ein Pferd solchen Weg passiert, so wird der Boden mehrere Ruthen weit erschüttet, aber dennoch ist die Festigkeit desselben für diesen Zweck genügend, und der Weg, der freier von unterbrochener Reparaturen bedarf, erhält sich in befriedigendem Zustande.

Bei dem Ourcq-Canal, in der Nähe von Paris, hatte man unter diesen Verhältnissen eine andre Befestigungs-Art gewählt, die zwar weit unvollkommener war, aber dennoch größtentheils den Uebergang gestattete. Man schüttete eine Lage Kies auf den Boden, die nur 2 bis 3 Zoll stark war, und bewarf dieselbe mit der Asche aus den vielfach in der Gegend befindlichen Kalköfen, worin größtentheils Muscheln gebrannt wurden. Das Gemenge von gebranntem Kalk und Torfasche bildete inigermassen einen hydraulischen Mörtel, welcher sich in der Bodenfeuchtigkeit löschte. Es verband die einzelnen Kiesstücke in größeren Massen, und namentlich zu flachen Platten, die dem Gewicht der Pferde zwar nachgaben, auch wohl zerbrachen, aber doch nicht versanken.

Zuweilen hat man auch versucht, in sehr sumpfigen Wiesen einen etwas erhöhten Leinpfad durch aufgeschütteten Sand und Kies zu bilden, der aber in geringen Entfernungen durch Sandpfeiler unterstützt wird, die bis zum festern Grunde herabreichen. Man rammt geglättete Pfähle ein, die man sogleich wieder heranzieht, während in die so gebildeten Löcher Sand geschüttet wird (Theil I. §. 33). Dieses Verfahren soll zuweilen das Versinken des Leinpfades verhindert haben.

Es ist schon erwähnt, daß in der Höhe des Wasserstandes die Dossirungen am meisten zu leiden pflegen. Indem diese Beschädigungen vom Wellenschlage herrühren, so wird denselben auch durch flache Böschungen keineswegs vorgebeugt. Die Mittel, wodurch man ihnen begegnet, sind sehr verschieden. Von den Barketen ist bereits die Rede gewesen, auch ist erwähnt worden, daß dieselben manchen Beschädigungen ausgesetzt sind, und gemeinhin die Anlagekosten eines Canals merklich vergrößern, weil sie die Breite des anzukaufenden Terrains vermehren. In Holland wird nicht selten, und namentlich da, wo wegen des hohen Grundwerthes sehr steile Böschungen gewählt werden müssen, eine Einfassung von Faschinen nach dem in den Niederlanden üblichen Verfahren beim Packwercksbau (§ 36) gewählt. Man legt nämlich unter dem Wasserspiegel eine Lage Faschinen in den Leinpfad, die sämmtlich quer gegen das Ufer gerichtet sind, und mit den Stammenden in die Fläche der Dossirung reichen. Nahe hinter die Stammenden wird in jede Faschine ein Pfahl geschlagen, und um diese ein Flechtwerk von Reisern 6 Zoll hoch gewunden. 1 Fuß dahinter wird ein gleicher Flechtzaun ausgeführt. Den Raum zwischen beiden packt man sorgfältig mit Ziegelbrocken aus, und bringt, nachdem die Wipfelenden der Faschinen noch mit einer Wurst übernagel und mit Erde beschüttet sind, eine zweite Faschinenreihe in gleicher Art, wie die erste, auf. Auch diese Reihe wird zwischen den Flechtzäunen mit Steinstücken ausgepackt und mit Erde überschüttet, während die Befestigung des Leinpfades sich an einen etwas höhern Flechtzaun lehnt. In dieser Weise sind an einzelnen Stellen die Ufer des großen Nordholländischen Canals befestigt. Es leuchtet indessen ein, daß dieses Verfahren, wiewohl es den Beschädigungen durch Wellenschlag sehr sicher begegnet, dennoch wenig dauerhaft ist. Das Strauch sowohl in den Faschinen, als in

nungen, soweit es über Wasser liegt, verrottet bald, und Gegenstößen der Schiffe brechen alsdann große Massen ab. Brzen zugleich mit den entblößten Steinen in den Canal, und die Leinpfade an Breite verlieren.

Zweckmäßiger ist ein andres Verfahren, welches an andern desselben Canals gewählt wurde, und welches auch sonst in den Niederlanden üblich ist. Etwas unter dem Wasserspiegel errichtet man einen besonders feste Flechtzaun, der §. 38 beschrieben und Fig. 19 auf Taf. XVII gezeichnet ist, ausgeführt. Dieses geschieht, so sein kann, schon vor der Füllung des Canals. Gegen den Zaun lehnen sich die untern Rasen, und wenn dieselben ausgespült sind, lassen sie sich leicht durch neue ersetzen.

Häufig, und namentlich in den Englischen Canälen, werden Dossirungen durch einen regelmässigen Steinsatz, also durch ein Pflaster oder ein Perre gesichert. Ohne Zweifel ist dieses Verfahren das solideste, und man erreicht dabei noch den Vortheil, daß auch der Leinpfad sich sicher dagegen lehnt, und nicht abgetragen wird. Auch bei uns, wie namentlich an der Unterthore wird diese Methode stellenweise und zwar unterhalb der Thore angewendet, weil das durch die Schütze der Unterthore das Wasser die Erdböschungen stark angreift.

Eine solche Steindecke läßt sich indessen auch anbringen, wenn man sie bis zum Fuß der Dossirung, oder bis zur Sohle des Canals herabführt. Es kommt nur darauf an, ihr ein sicheres Lager zu geben. Die so eben beschriebenen Flechtzäune sind zu solchem Zweck nicht als genügend angesehen werden, man kann gleich bei Darstellung der Dossirungen etwas stärkere Pfähle hineintreiben, und entweder unmittelbar gegen diese, oder gegen eine davorgestellte Bohle die Steine setzen. Die Pfähle und Bohlen bleiben immer unter Wasser, sind daher keiner Beschädigung ausgesetzt, und man kann ihre Stellung beobachten, wenn man die Außenfläche des Pflasters mit der Dossirung unter Wasser bündig legt, oder die Pfähle gegen ein Gerüst stützt. Welche Rücksichten übrigens bei der Ausführung des Pflasters zu nehmen sind, daß nämlich dasselbe gegen den Canals versetzt, und auf eine Unterlage von Kies oder Bauschutt zu legen werden muß, ist schon bei Gelegenheit der Sicherung der Canäle (§. 31) erörtert.

Mit den Erdarbeiten eines Canals steht noch die Wiederherstellung derselben in naher Beziehung, und mamentlich fragt es sich, ob die von Zeit zu Zeit nöthigen Räumungen und Herstellungen der ursprünglichen Tiefe durch Ausgraben oder durch Baggern bewirkt werden sollen. Oft wählt man das Erstere, weil die Arbeit dadurch wohlfeiler und zugleich regelmässiger wird. Dagegen kann man auch durch Baggern die fehlende Tiefe wieder herstellen. In diesem Fall braucht man den Canal nicht trocken zu legen, also die Schiffahrt nicht zu unterbrechen. Wenn die Baggermaschine auch den Verkehr etwas erschwert, also vielleicht die Schiffe zuweilen warten müssen, bis das Baggerschiff aus der Mitte des Canals nach einer Seite gekommen ist, auch neben dem Bagger zwei Schiffe sich nicht vorbeifahren können, und der Schiffszug wegen Ueberführung der Leine etwas verzögert wird, so sind doch solche Verhinderungen nur unbedeutend im Vergleich zur vollständigen Störung des Verkehrs, welche beim Ablassen des Canals eintritt. Demnächst ist der Transport der ausgebagerten Erde, wenn man diese nicht unmittelbar daneben ablagern kann, auch wohlfeiler, und endlich pflegen die Ufer, besonders wenn sie sumpfig sind, beim plötzlichen Ablassen des Wassers zu leiden und einzustürzen, was man vermeidet, sobald der Canal gefüllt bleibt.

§. 87.

Einschnitte und Dammschüttungen.

Größere Bedeutung haben die Erdarbeiten, wenn das Terrain hoch über oder tief unter dem Wasserspiegel des Canals liegt, und daher tiefe Einschnitte oder hohe Dammschüttungen notwendig werden. Man pflegt alsdann nicht nur für wohlfeilen Transport der Erde zu sorgen, sondern führt gemeinhin auch die Schüttungen in andrer Weise aus, und zuweilen werden selbst die Ausgrabungen durch besondere Maschinen bewirkt. Ueberdies vermindert sich bei zunehmender Höhe der Dossirungen und eben sowohl bei Abgrabungen, wie bei Aufschüttungen, auch die Sicherheit derselben. Neigungen, die für geringere Höhen reichend sind, genügen nicht mehr zur Erhaltung des Gleichgewichts.

Die Böschungen sich hoch erheben, vielmehr kommen diese im Einfluß der unterirdischen Wasseradern und Quellen zu Bewegung, und alle Mittel der Kunst müssen aufgeboten um dem Vortreten der Ufer und dem Verschütten der Einschnitte zu begegnen.

In die Einschnitte, wie häufig der Fall ist, im Fels ausgehoben werden, so geschieht dieses zuweilen bei sehr Gebirgsarten durch bloßes Abhauen oder Abschroten. Bei geschichteten und gleichfalls sehr weichen Gestein gelingt einzelne Lagen mit Brechstangen oder Hebeln zu lösen abbrechen. Der gewöhnliche Fall ist indessen, daß der Fels hart und fest ist, daß diese Mittel sich als erfolglos oder wenigstens bei der beabsichtigten Beschleunigung des Baues als unzulänglich erweisen. Man muß alsdann zum Sprengen mittelst Pulvers übergehen. Hierüber ist bereits früher (§. 5.) ausführlich gesprochen gewesen. Es leuchtet aber ein, daß die Arbeit, sobald sie unter Wasser vorgenommen wird, sich um Vieles erschweren und manche Schwierigkeiten, die oben erwähnt sind, in der That nicht vorkommen.

Bei dagegen die Einschnitte in aufgeschwemmtem Boden, verschiedenen Erdarten, oder auch wohl in Kies und losem Sande auszuführen, so geschieht dieses durch gewöhnliches Graben. Man hat freilich versucht, die Handarbeit in diesem Fache durch Maschinen zu ersetzen, und es ist nicht undenkbar, daß eine solche Anordnung in denjenigen Fällen vorteilhaft sein könnte, wo der Taglohn sich sehr hoch stellt, und vielleicht die große Anzahl von Arbeitern nicht zu beschaffen ist. Daß jedoch die Schwierigkeiten in der Aufstellung und dem Betriebe dieser Maschinen, die man Excavatoren nennt, sehr bedeutend sind, dürfte daher genügen, die Idee, welche verschiedentlich verfolgt worden ist, im Allgemeinen anzudeuten. Man führt eine Eisenbahn auf der Anhöhe, worin der Einschnitt dargestellt werden soll, in der Art, daß die Bahn in der beabsichtigten Sohle auf einem großen Wagen, der auf dieser Eisenbahn steht, ruht. Auf diesem Wagen befindet sich eine Dampfmaschine mit derjenigen Vorrichtung, die die Grabenarbeit ausführen soll. Letztere stimmt nahe mit einer Baggermaschine überein und greift vor sich den Boden an. Entweder ein einzelner großer Eimer, der in die Erde ge-

stoßen und nachdem er sich gefüllt hat, wieder gehoben oder eine Reihe von Eimern befindet sich an einer Ketten-Ende, auch wohl am Umfange eines Rades, die aber sämmtlich ähnlicher Weise, wie jeder einzelne Eimer, wirken. Sie lösen Material, heben es und entleeren sich entweder unmittelbar mittelst anderer mechanischen Vorrichtungen in einen zu oder hinter der Maschine stehenden Eisenbahnwagen, auf welchen das gewonnene Material fortgeschafft wird.

Es ergibt sich hieraus, daß der Excavator stets den Fuß der zu beseitigenden Anhöhe angreift. Er faßt also die Erde früher, als bis sie längs der Dossirung, die sich vor ihm herabgestürzt ist. Diese Anordnung bedingt einen gewissen Kraftverlust, insofern der zu hebende Körper, bevor er zur Maschine gelangt, noch tiefer herabfallen muß. Außerdem ist selbst in sehr gleichmäßigem Boden, also etwa in reinem Sande der Betrieb keineswegs ungestört. Einige Zeit hindurch wird die Dossirung, deren Fuß man beseitigt, immer steiler, plötzlicher stürzen aber große Massen herab, indem die Dossirung eine flachere Neigung annimmt, und zugleich gegen die Maschine vortritt. Letztere muß alsdann zurückgezogen werden, um in angemessener Höhe die Erde fassen zu können. Dabei geschieht es auch, daß ihre Wirksamkeit vielleicht ganz unterbrochen wird, indem die herabstürzende Erde sie zum Theil überschüttet und gar beschädigt. Letzteres ist besonders bei verschiedenartigem und mit Steinen durchsetztem Boden zu besorgen.

Die Excavatoren sind den Baggermaschinen nachgeordnet. Zwischen beiden ist aber der wesentliche Unterschied, daß die Bagger über, jene aber am Fuß der zu beseitigenden Erdmassen greifen. Die Bagger greifen letztere in ihrer Oberfläche oder doch wenig tiefer an, und sind daher frei von den erwähnten Nachtheilen.

Was die Transporte der Erde oder des gelösten Gesteins betrifft, so muß man zwei Fälle unterscheiden, die verschiedene Einrichtungen erfordern. Es wird nämlich entweder der Abtrag aus einem tiefen Einschnitt zu Dammschüttungen oder zu Auffüllungen in der Nähe verbraucht, so daß die Transporte ausschließlich horizontalem, oder auch wohl auf etwas geneigtem Wege geschehen. Andererseits aber ist oft eine solche Ausgleichung des An-

Es ist nicht ausführbar, weil man den Canal überhaupt nicht zu über den Boden legen mag, oder aber die Entfernungen zu groß, und es ist wohlfeiler, den Abtrag in der Nähe abzuheben und den Auftrag wieder aus den Umgebungen des aufzustehenden Dammes zu entnehmen.

Von dem ersten Fall mag zunächst die Rede sein, wenn er auch bei Canal-Anlagen nicht häufig wiederholt, er vielmehr meistens beim Bau von Eisenbahnen eintritt. Sind die zu abführenden Erdmassen nicht groß, auch die Wege nicht sehr lang, so wird man mit Rücksicht auf die geringen Transportkosten den Transport in gewöhnlichen Handkarren vorziehen. Dabei darf aber nicht gestattet werden, daß der einzelne Arbeiter, sobald er seine Karre gefüllt hat, dieselbe ohne Rücksicht auf die übrigen Karren, welche nach demselben Punkt gehen werden, allein diesen Weg zurücklegt. Die Controlle über die Thätigkeit würde dabei unmöglich sein, und die Pausen würden sich alsdann übermäßig ausdehnen, wozu noch kommt, daß die Arbeiter sich gegenseitig sowohl beim Aufladen, wie beim Absetzen stören, auch während des Schiebens einander den Weg verstellen.

Man muß daher bestimmte Züge von zehn bis zwanzig Karren einrichten, die gleichzeitig gefüllt und unmittelbar hinter einander fortgeschoben und verstürzt werden. Bei Accordarbeiten, wo solchem Fall gewöhnlich stattfindet, pflegt der Vorarbeiter oder Schachtmeister schon selbst in dieser Weise die Leute zu ordnen, weil er alsdann am sichersten sich überzeugen kann, daß alle sämtlich gleichmäßig thätig sind.

Neben der abzustechenden Erdwand liegen die Karrdielen, hier stellt sich der ganze Zug auf. Alle Karren werden gleichzeitig gefüllt und unmittelbar hinter einander fortgeschoben, verstürzt und wieder zurückgebracht. Sind die Entfernungen aber sehr groß, oder kommen merkliche Steigungen darin vor, so daß es mühsam wäre, die beladene Karre über den ganzen Weg zu schieben, so richtet man zwei oder mehrere Züge ein, die gemeinschaftlich den Transport besorgen. An bestimmten, mit Ausgängen versehenen Stellen treffen alsdann zwei Züge zusammen, wovon der eine die beladenen und der andre die leer zurückkehrenden Karren führt. Beide halten hier an, und die Mannschaften wechseln die Karren, so daß derselbe Arbeiter, der eine

beladene bis hierher geschoben hatte, nunmehr eine leer führt. Geübte Schachtmeister pflegen die Stellen, wo Wechsel eintritt, passend zu wählen, so daß die Leister Leute in den verschiedenen Zügen ungefähr dieselben sind.

Kommt es darauf an, sehr große Erdmassen, also sende von Schachtrüthen, auf weite Entfernungen zu verpflegt man zum Transport auf Eisenbahnen überzug bei theils Locomotiven, theils aber auch Pferde benutzt. Zuweilen und namentlich wenn die Abtragserde von verschiedenen Stellen entnommen werden muß, wird hiermit noch die Benutzung von Handkarren verbunden, indem man in diesen das abgetragene Material an die Eisenbahnwagen schiebt und es in letztere wirft. Das wiederholte Umladen vertheuert indessen den Transport bedeutend. Beim Bau der Thüringer Bahn, hatte eine Abtheilung derselben, der damalige Baumeister Dilm die Einrichtung in der Art getroffen, daß in sehr leicht construirten räderigen Karren, die 8 Cubikfuß faßten, die Erde beigefahren nicht übergeladen, sondern mit diesen Karren auf die Eisenbahnwagen aufgeschoben wurde. Achtzehn solcher Karren konnten auf jeden Wagen gestellt werden, und am Kopfe der Dämme wurden sie über eine Rampe abgefahren und einzeln umgeworfen. Es ergab sich, daß bei dieser Art des Transports die Kosten besonders billig herausstellten.

Gewöhnlich wird die Erde aus tiefen und längern Einschnitten entnommen und alsdann lassen sich die Zwischentransporte umgehen. Man legt die Bahn unmittelbar an den Fuß der damaligen Seitenwand des Einschnitts, und stellt hier die Eisenbahnwagen auf, in welche der abgegrabene Boden unmittelbar geworfen wird. Die Wagen sind aber mit Kippkasten versehen, theils nach vorn, theils nach einer und der andern Seite umklappen und sich dahei auf die einfachste Weise entleeren lassen, so daß sie das Ende der Bahn am Kopf des aufzuschüttenden Dammes erreicht haben.

Hierbei tritt indessen wegen der üblichen Anordnung eine große Verzögerung ein. Wenn nämlich ein Eisenbahnwagen ist, so kann der folgende nicht unmittelbar nachgeschoben werden, zunächst muß die Bahn frei sein, um jenen Wagen durch die Weiche in ein Seitengeleise zu bringen, und erst wenn das

an ist, läßt sich der folgende Wagen auf den Kopf des Dammes legen und entleeren. Der Zeitverlust ist hierbei sehr bedeutend, besonders wenn die Weiche mit der Abzweigung weiter zurück liegt.

Auch erfordert das Verschieben der beladenen Wagen noch mehrere Arbeiter, da die Kraft der Maschine, wenn sie auch hinter dem Zuge steht, hierzu nicht füglich benutzt werden kann, oder man müßte den ganzen Zug jedesmal vor, und nach Lösung des Wagens zurückziehen.

Diesen Uebelständen begegnet man bei Dammschüttungen in America dadurch, daß man von dem jedesmaligen Kopfe der Schüttung die Bahn spaltet, und die beiden Geleise durch eine von Drehscheibe oder eine Bühne miteinander verbindet, auf welcher aus der darauf befindliche Wagen entleert, oder sein Material verstürzt wird. Sobald dieses aber geschehn ist, tritt der Wagen auf das zweite Geleise und der folgende kann sogleich vorbeigehen und entleert werden,*) Fig. 394 auf Taf LVIII zeigt eine solche Sturzbühne *a* in der Ansicht von oben und *b* im Durchschnitte nach *AB*.

Eine Scheibe ist aus kreuzweise über einander genagelten Eisen belagert und mit zwei schwachen Kreuzhölzern verbunden, welche schon die Anfänge der beiden parallelen Geleise tragen. Der Theil der Vorrichtung ist so leicht, daß er beim Vorbeigehen der Schüttung bequem an den beiden daran befestigten Ringen vorgeschoben werden kann. Auf der Scheibe liegen zwei Kreisschienen, und hierauf steht mittelst vier Rollen eine Art Scheibe oder kleiner Wagen, der um eine vertikale Achse in einem gegenüber angebrachten Hebels leicht gedreht werden kann.

Die ganze Anordnung ist einfach und ergiebt sich mit hinreichender Deutlichkeit aus der Zeichnung.

Dieser Wagen trägt wieder zwei Schienen, die sich an das eine wie an das andre feste Geleise anschließen. Damit aber der Wagen beim Aufstehn auf denselben, nicht herabläuft, so treten an jedem zweier Winkelhebel über die innere Schiene und eine Achse, die man in der Figur auch bemerkt, erhält die Hebel in der richtigen Stellung. Sobald jedoch die Verbindung mit einem der festen

*) George Cole, the contractors book of working drawings of tools and machinery, New-York, 1855.

Geleise dargestellt wird, stößt ein vortretender Arm den Winkelhebel zurück und der Erdwagen kann ungehindert auf eines der beiden Geleise übergehn.

Die Bahnen haben die Spurweite von 3 Fuß und die Wagen laden ungefähr eine halbe Schachtruthe. Sie sind sämmtlich so eingerichtet, daß sie nach derselben Seite ausstürzen, weil bei der Drehung des Wagen auf der Bühne, wenn dieser nach der äußeren Seite sich entleert, die Anschüttung sowohl vor dem Kopf, als an den beiden Seiten des Dammes erfolgen kann.

Bei Dammschüttungen, die nur eine geringe Kronenbreite erhalten sollen, genügt die beschriebene Anordnung. Wenn dagegen etwa eine doppelgeleisige Bahn auszuführen ist, so muß Gelegenheit geboten werden, die Verstärkungen nach den Seiten in größern Abstände zu bewirken. Um die Stürzbühne alsdann nicht so schwer zu machen, muß man von der Vergrößerung ihres Radius absehn und man trennt die beiden Quadranten der Bühne durch einen geraden Strang von beliebiger Länge. Fig. 395 zeigt dies. Man bedarf alsdann zweier besondern Drehscheiben, deren jede einen Quadranten durchlaufen kann. Die Vorrichtungen zum Drehn und zum Feststellen der Wagen sind in dieser Figur nicht angegeben, da sie mit den beschriebenen übereinstimmen. Es muß aber noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß die beiden Scheiben nur durch drei dagegen geschrobene Kreuzhölzer verbunden sind, die man leicht durch andre ersetzen und dadurch jede beliebige Breite der Schüttung ermöglichen kann.

Bei Canal-Anlagen kommt es meist nur darauf an, die aus den Einschnitten gewonnene Erde zu beseitigen, und sie irgendwo anzusetzen. Alsdann handelt es sich aber gemeinhin nicht um weite Transporte, sondern vorzugsweise nur die Förderung der Masse aus der Tiefe bis zur Oberfläche des natürlichen Bodens. Man wählt auf letzterm eine Stelle in der Nähe, die möglichst wenig nutzbar ist, deren Ueberschüttung also die mindesten Entschüttungskosten veranlaßt, und mit Berücksichtigung der letzten, sowie auch der Transportkosten pflegt es am vortheilhaftesten zu sein, den gelösten Boden unmittelbar zur Seite des Einschnitts abzulagern. Wenn aber auch die Entfernungen größer werden, so pflegt doch immer das Heben der Erde vorzugsweise den Transport zu vertheuern.

87. Einschnitte und Dammschüttungen. 273

Wenn man keine besondern mechanischen Vorrichtungen anwendet, und nur Menschenkraft benutzt, so werden gewöhnlich Erdkarren einzeln durch die Arbeiter hinaufgeschoben. Solche Anordnung ist aber sehr unzweckmässig und kostbar, nicht nur, weil die Menschenkraft unter allen Umständen theurer, als andre Arbeitskräfte ist, sondern vorzugsweise, weil sie in diesem Fall größtentheils unnütz verwendet wird. Es kommt nur darauf an, die Erde, also den Inhalt der Karre heraufzuschaffen, in diesem Aufzuge aber der Arbeiter nicht nur die Karre sondern auch selbst, also sein eignes Gewicht heben, und alsdann, wenn auch mit mässiger Anstrengung wieder herabsteigen und die Karren schieben. Eine solche Anordnung rechtfertigt sich daher, wenn die Kosten einer bessern Einrichtung bei der geringen Abnutzung der Arbeiten zu groß ausfallen.

In solchem Fall begnügt man sich damit, einige Erleichterung herbeizuführen, daß jeder Arbeiter die Karre nur so weit schiebt, als seine Kräfte dabei nicht erschöpft werden. Man ordnet wieder gewisse Stationen an, auf welchen die Leute die Karren wechseln und jeder statt der vollen, die er hinauf geschoben hat, eine leere herabnimmt. Es leuchtet aber ein, daß die erwähnten Mängel hierdurch keineswegs beseitigt werden, vielmehr die Arbeit nur regelmässiger erfolgt.

Zuweilen wird die aufgehobene Erde nicht heraufgeschoben, sondern in Küpen oder Körben auf den Rücken der Arbeiter hergetragen. Diese Anordnung ist in sofern vortheilhaft, da Körbe leichter sind, als die Karren. Die Arbeiter pflegen indessen nicht gern hierzu sich zu verstehn, wogegen auf manchen Stellen die Erfahrung gemacht ist, daß die Kosten vergleichungsweise gegen das gewöhnliche Schieben sich bedeutend billiger stellen, wenn man Frauen und Mädchen die Erde tragen läßt, die dabei so leicht ermüden, auch mit einem geringern Tagelohn sich begnügen.

In England, wo der Arbeitslohn sehr theuer ist, vermeidet man wenigstens eine Verschwendung der Menschenkraft und unterstützt sie außerdem durch andre weniger kostbare Kräfte. Beim Bau des neuen Parlamentshauses in London, sah ich die Erde aus Fundamenten etwa 25 Fufs hoch in Karren heraufschieben, dabei war eines Theils eine Ausgleichung zwischen dem

heraufsteigenden und herabgehenden Arbeiter und deren Karren durch eine, um eine Rolle geschlungene Kette dargestellt, und andern Theils wurde die herabgehende Karre auch jedesmal noch von einem Pferde gezogen. Die Brücken, auf welchen die Karren geschoben wurden, waren so steil, daß man darauf ohne Unterstützung kaum gehn konnte. Die Kette hatte solche Länge, daß jedesmal, wenn eine Karre herauf geschoben war, und sich bereits oben befand, dennoch ihr Ende bis auf den Fuß der geneigten Ebene herabhing. Außerdem waren die Ketten, wo sie an die Karren befestigt wurden, gespalten, und mit Ringen versehen, in welche die Arme der Karre hineinpaßten. Hinter dem Arbeiter vereinigten sich wieder die beiden Kettenstränge, so daß derselbe von diesen ganz eingeschlossen war. Die Karren mußten jederzeit so gestellt werden, daß die Räder aufwärts gekehrt waren, die Arbeiter stellten sich dagegen sowohl beim Aufgange, als beim Abgange in die Richtung ihrer Bewegung. Beide Arbeiter beugten sich dabei sehr stark über, so daß ihre Körper fast normal gegen die geneigte Ebene gerichtet waren. Dieses mußte auch wohl geschehn, weil sie sonst herabgeglitten wären. Auf solche Art konnte aber der Arbeiter, welcher der beladenen Karre folgte, nicht nur gar nichts zu deren Hebung beitragen, er mußte vielmehr sogar selbst heraufgezogen werden. Sein Gewicht wurde indessen durch das des andern Arbeiters aufgehoben, der sich in gleicher Weise an der herabgehenden Karre halten mußte, und diese dabei eben so stark herabzog. Das an die letzte Karre und zwar am Fuß der geneigten Ebene gespannte Pferd hatte, nach seiner Bewegung zu schließen, einen bedeutenden Zug auszuüben, während die Arbeiter in der beschriebenen Weise im raschen Schritte herauf und herabgingen. Sobald sie die geneigten Ebenen zurückgelegt hatten, und sich auf horizontalem Boden befanden, wurden die Karren ausgelöst, und statt der beladenen jedesmal eine leere, sowie am Fuß der Ebene statt der leeren eine beladene in die Ketten gehängt. Gleichzeitig löste der Treiber das Pferd von der Kette, woran es bisher gespannt war, führte es zurück und spannte es an die andre Kette, worauf die Förderung in gleicher Weise von Neuem erfolgte. Daß die Arbeiter hierbei die Karren immer herauf und herab begleiteten, war nur deshalb nothwendig, weil die gewöhnliche Erdkarren mit einem Rade gewählt hatte. In

87. Einschnitte und Dammschüttungen. 275

Dieses bei andern Karren leicht vermeiden, und dadurch ohne die Arbeit noch mehr erleichtern, aber gewiss verdient die Anordnung wegen ihrer grossen Einfachheit Beachtung, da die Vorrichtung fast keine Anlagekosten erfordert. Dabei ist es gleichgültig, ob man die Pferde oben, oder unten gehen lässt, es kommt nur darauf an, dass sie auf horizontalen Wegen gehen, und nicht etwa selbst ansteigen müssen.

Zweirädrige Wagen oder Karren, wie man sie häufig bei Transporten anwendet, lassen sich leicht, ohne dass ein Arbeiter nöthig ist, einen steilen Abhang herauf- und herabführen. Eine Vorrichtung dieser Art ist in England patentirt worden, die zweckmässig erscheint*). Die Karre, auf zwei Rädern ruhend, ist auf einer Kette, die der Deichsel oder beiden Deichseln entgegengesetzt mit einem passend geformten Haken versehen, der leicht und schnell in eine Kette ohne Ende eingreift. Diese Kette wird durch eine Maschine in Bewegung gesetzt, so dass sie in angemessener Höhe über der Fahrbahn ansteigt, auf der die Wagen herauf- oder herabgeführt werden. Der volle Wagen wird am Fuss der Dossirung an den Kettenstrang geschoben, und indem man den Haken loslässt, sogleich gefasst und von der Kette heraufgezogen. Sobald eine leichte Bewegung wird der Haken wieder gelöst, so dass der Wagen aufgestiegen ist. Auf gleiche Weise können die Wagen auch herabgehen, wenn man es nicht vorzieht, sie in bestimmten Bahnen allein herunterlaufen zu lassen. Wenn aber die Kette ohne Ende nur eine geringe Geschwindigkeit hat, so lassen sich die Haken leicht und ganz sicher einrücken und wieder lösen. Wesentlich verschieden ist die Vorrichtung die man bei Aushebung des Ludwigs oder des Main-Donau-Canals mehrfach nach manchen Modificationen benutzte, um aus den tiefen Einschnitten das Material auf die Ufer zu schaffen. Der Baumeister Herrmann hatte diese Forderungsart angegeben, woran jedoch der Ingenieur Späth in Nürnberg bei der Ausführung manche Verbesserungen anbrachte.

Es mag zunächst diejenige Einrichtung beschrieben werden, die bei dem 60 bis 70 Fufs tiefen Einschnitt in der Scheitelstrecke des Mainbachs benutzt wurde.

Fig. 396 auf Taf. LVIII deutet ungefähr die daselbst getroffene Anordnung an, doch mußte, um die Zeichnung nicht zu weit auszudehnen, die Tiefe des Einschnitts vergleichungsweise zu der Größe der einzelnen Maschinentheile sehr vermindert werden. Eine Kette ohne Endle ist über vier Getriebe oder Polygonalwalzen gezogen, von denen eine, nämlich die auf dem hohen Ufer befindliche durch einen Pferdegöpel langsam gedreht wird. Die Kette besteht aus zwei Strängen hochkantiger eiserner Glieder, welche durch eiserne Achsen mit einander verbunden sind. Die Achsen sind etwa 2 Fuß von einander entfernt, und eben so groß ist auch die gegenseitige Entfernung der beiden Kettenstränge. Zwischen den Gliedern der letztern und je zwei zunächst belegenen Achsen bilden sich also quadratische Oeffnungen, die in den Seiten zwei Fuß messen.

Jene Getriebe haben vortretende Arme mit Einschnitten, wornach sie bei ihrer Drehung die Enden der Achsen sicher fassen, so daß ein Gleiten der Kette nicht stattfinden kann. An je zwei zunächst neben einander befindliche Achsen ist zwischen den Kettengliedern ein dreiseitiger prismatischer hölzerner Kasten gehängt der beim Aufsteigen seine Oeffnung nach oben zugekehrt hat. Seine hintere Seite wird durch eine bewegliche Klappe gebildet, die sich um die entsprechende Achse der Kette dreht. Auf der gegenüberstehenden Seite der Klappe tritt eine elastische Feder vor, die in einen Haken eingreift, der an den Boden des Kastens befestigt ist. Die Klappe bleibt also so lange geschlossen, bis die Feder zurückgeschlagen wird, und sie schließt sich von selbst, wenn der Kasten beim Rückgange sich lothrecht abwärts bewegt, indem sie alsdann mit Heftigkeit zuschlägt und dabei die Feder zurückdrängt.

Außerdem befinden sich an der scharfen, der Kette entgegengesetzten Kante jedes Kastens zwei Rollen, welche beim Ansteigen auf die hohe Dossirung sich auf Bahnen auflegen, und dadurch das zu starke Durchbiegen der Kette und zugleich die zu starke Anspannung derselben verhindern.

Die drei untern Getriebe ruhn auf einer beweglichen Rüstung, die jederzeit möglichst nah an die abzustechende Erdwand am Ende des bereits ausgeführten Einschnitts geschoben wird, und entsprechender Weise wird auch das obere Getriebe mit dem Göpel beim Fortschreiten der Arbeit vorgerückt.

Auf der Sohle des Einschnitts, wie auch auf der Dossirung der Uferböhe stehn in geringen Entfernungen Arbeiter, welche den Boden, der hier aus Gerölle und weichem Gestein besteht, abstoßen und in die mit der Geschwindigkeit von etwa 6 Zoll in Secunde vorbeiziehenden Kasten hinein warfen. Letztere sind, wenn sie den tiefsten Stand erreicht haben, ganz leer und nehmen auf der horizontalen Sohle nur wenig auf, füllen sich aber immer beim Ansteigen der Dossirung. Haben sie endlich die Uferhöhe erreicht, und sich auch so weit darüber erhoben, wie der Transport dieses erfordert, so werden sie von dem Getriebe gehoben, und indem sie sich der senkrechten Richtung nähern, stößt ein hier stehender Arbeiter die erwähnte Feder zurück, worauf ihr Inhalt ausstürzt. Dieser wurde aber nicht auf den Boden geschüttet, vielmehr mittelst eines Trichters in einem darstehenden Eisenbahnwagen aufgefangen.

Bei andern tiefen Einschnitten desselben Canals, wo der Boden aus Erde oder Sand bestand, war die Maschine in sofern vereinfacht, als die Kasten fehlten, und statt derselben die Kette mit einer Decke aus starkem Segeltuch überzogen war, wie Fig. 397 zeigt. Dabei waren auch nur zwei Getriebe angebracht, so daß die senkrechte Herabführung der Kette entbehrlich wurde. Bei der Krümmung der Kette strich dieselbe sowohl über der Sohle, als über der Dossirung in nicht bedeutender Höhe fort, so daß die Arbeiter den abgestochenen Boden bequem aufwerfen konnten. Dies war hier aber um so leichter, als man nicht einen beutelförmigen Kasten, vielmehr nur die Decke überhaupt zu treffen hatte. Zwischen den Achsen bildeten sich beutelförmige Vertiefungen in welche diejenige Erde, welche zunächst auf die Achsen herabfiel, die Erde durfte aber nicht, wie bei jenen Kästen, auf den untern Theil, vielmehr mußte sie auf den obern Theil der Decke geworfen werden, weil sie sonst beim Uebergange über das Getriebe von jenem nicht abgefallen wäre. Die in beiden Figuren angegebenen Pfeile lassen auch erkennen, daß die Richtung der Bewegung hier die entgegengesetzte ist.

Im Sommer 1842 sah ich beide Arten von Maschinen in Anwendung, und sie arbeiteten sehr sicher und regelmäfsig. Ich will aber noch hinzufügen, daß sie nicht nur auf beiden Seiten des Canals aufgestellt werden mußten, sondern daß man sie auch

wiederholentlich durch denselben Einschnitt gehn liefs. Dies in sofern nöthig, als man nur diejenige Erde aufwerfen konnte am Fuß der hintern Wand des jedesmaligen Einschnittes lag der zuerst gewählten geringern Tiefe lag also die Erde in gr Höhe, und brauchte daher auch nicht so hoch gehoben zu w als wenn man sogleich bis zur vollen Tiefe herabgegangen

Bei keinem Canal ist wohl die Benutzung von Maschin Erarbeiten so weit ausgedehnt worden, als bei dem Suez-Canal der das Mitteländische mit dem Rothen Meere verbindet. mußte die Handarbeit auf das Minimum beschränkt werden es sowohl an brauchbaren Arbeitern, wie auch an Mitteln zu Verpflegung fehlte und sonach der Tagelohn mit Einschlu Nebenkosten eine enorme Höhe erreichte. Ueber die Ausfi der dortigen Erarbeiten ist wenig bekannt geworden,*) wob Nachstehendes darüber mitgetheilt werden kann.

Der Canal ist im Ganzen 21,4 Meilen lang, davon 6,6 Meilen auf dazwischenliegende Seen, in welchen jedo große Strecken die beabsichtigte Tiefe unter dem Wasser des Mittelländischen Meeres nicht vorhanden war, die als durch Baggern dargestellt werden mußte. Auf 10,6 erhob sich der Boden nur wenig über den künftigen Wassers Endlich auf 4,2 Meilen Länge war höheres Terrain zu schneiden, das stellenweise sogar bis 50 Fuß darüber sich während die durchschnittliche Höhe 20 Fuß betrug.

Die Tiefe war auf 25,5 Fuß angenommen und die Breite auf 70 Fuß. Die Breite des Wasserspiegels sollte l einige im Gebirge ausgehobene Stellen 255 Fuß betragen, w sie in den Seen nicht begrenzt wird. Es waren im Ganzen fähr 17 Millionen Schachtruthen zu fördern.

*) In den *Nouvelles Annales de Construction* von Oppermann, Tome 1862 pag. 5 werden einige Notizen über die beabsichtigte Art der Ausführung mitgetheilt, wie auch Tome XIII, 1867 pag. 134 eine kurze Nachricht über den Fortgang der Arbeiten folgt. Andre Notizen wurden bei Gelegenheit der Eröffnung des Canals veröffentlicht, nämlich von L. Hagen in *Erkenntnis* schrift für das Bauwesen 1870, Seite 217. Auch in den *Annales des ponts et chaussées* 1870, I. pag. 104 befindet sich ein Aufsatz von Bompard, dessen die Technik wenig berührt.

Nach der Mittheilung in den *Nouvelles Annales* soll es ursprünglich Absicht gewesen sein, den ausgehobenen Boden in folgender Weise auf die Ufer zu schaffen.

Im Anfange, wenn die Ausgrabung nicht über 15 Fufs tief sollten zwei Drahtseile, beide mit solcher Neigung ausgespannt sein, daß je zwei mit einander verbundene Rollen, an welchen Erdkarren hingen, wie auf schwebenden Eisenbahnen, von dem Ufer darüber liefen. Ueber der Grube waren die beiden Enden der Seile an die Arme eines Hebels befestigt, den man drehen konnte, so daß abwechselnd der eine und der andre Arm sich heben richtete. Die leere Karre hing über der Grube an dem einen Seil. Nachdem sie gefüllt war, drehte man den Hebel und die Karre lief von selbst auf das Ufer. Dort wurde sie abgehakt und an die Rollen auf dem andern Seil gehängt, worauf sie wieder nach der Erdgrube zurücklaufen sollte. Von dieser einfachen Erfindung, die gewiß wenig Erfolg versprach, ist man bald zurückgekommen.

Wenn die Grube tiefer wurde, sollten die Karren durch Rollen herauf- und herabgeschoben werden, jedoch so, wie bei den Erdarbeiten in England geschieht, daß ein um eine Rolle herumgelegenes Seil die aufsteigende mit der herabgehenden ver-
bindet.

Bei noch größerer Tiefe sollte über der Dossirung eine Kette mit Rollen sich bewegen, die mit einer Decke aus Segeltuch überzogen ist. Auf letzteres wurde die Erde aufgeworfen, die alsdann durch die Bewegung der Kette durch einen Göpel oder eine Locomobile auf das Ufer stieg. Dieses ist dieselbe Einrichtung, die beim *Main-Donau-Canal* benutzt war.

Wenn endlich der Canal sich mit Wasser gefüllt hatte, so wurde der Boden durch einen Dampfbagger ausgehoben und in einer langen Rinne wieder auf jenes Lacken über der Kette ohne Unterbrechung ausgeschüttet werden.

Von allen diesen Erfindungen scheint nach den sonstigen Mittheilungen keine einzige angewendet zu sein, oder wenn dieses geschehen ist, ist man wohl sehr bald davon zurückgekommen.

Um den Boden durch Maschinenkraft abzustecken und zugleich zu beseitigen, wurde eine Anzahl Excavatoren angeschafft, die auch eine Zeit hindurch arbeiteten, deren Leistungen aber dennoch

nicht befriedigten, woher schliesslich der überwiegend grösste Theil der Erdarbeit durch Dampfbagger ausgeführt wurde. Das auf diese Weise gehobene Material konnte indessen nur, wenn es aus den Seen selbst oder unmittelbar daneben gewonnen war, in diese gestürzt werden. Mehrfach stellte man auf die Prahme Kasten, welche durch die Bagger gefüllt und alsdann durch Dampfkrane einzeln gehoben und entleert wurden. Vorzugsweise förderten die Bagger selbst das Material bis auf die Ufer. Die Anordnung der Baggermaschinen war dabei die sonst in Frankreich üblich und unterschied sich nur dadurch, dass die Eimerleiter überaus lang und die Erde bis 45 Fufs über den Wasserspiegel gehoben wurde. Von hier fiel sie in eiserne Rinnen von halbkreisförmigem Querschnitt und nahe 5 Fufs Weite. Dieselben waren 220 Fufs lang, und reichten mit schwacher Neigung bis über das Ufer. Sie waren nicht nur mit den Baggern verbunden, sondern ruhten ausserdem auf Prahmen und waren gegen das Einbiegen durch gitterförmige Träger unterstützt. Um aber die Erde oder den Sand bei der schwachen Neigung dieser Rinnen bis zum Ufer zu führen, liess man die Eimer zugleich grosse Wassermengen schöpfen, die eine kräftige Strömung veranlassten. Zuweilen stellte man zu diesem Zweck auch besondere Pumpen auf, während in andern Fällen gewisse Schaufelwerke, ähnlich den im ersten Theil dieses Handbuchs §. 45 beschriebenen und Fig. 258 dargestellten, eingerichtet waren, welche das Material über die ganze Länge der Rinne fortschoben.

Im Allgemeinen grub man den Boden bis etwa 6 Fufs unter den Spiegel des Mittelländischen Meeres aus, und beseitigte die Eisenbahnen das gehobene Material. Hierauf wurde aber das Wasser hineingelassen und die Bagger in Thätigkeit gesetzt. Um letztere noch früher benutzen zu können, hatte man den aus dem Nil gespeisten Süßwasser-Canal, der theils zur Verpflegung der Arbeiter, und theils zur Erleichterung des Transports längs der Canallinie geführt werden musste, auf das höhere Plateau am Sarrapeum geleitet, und durch denselben einen Wasserstand gebildet, der sich 19 Fufs über den Spiegel des Mittelländischen Meeres hob. In dem so gebildeten Bassin arbeiteten acht Dampfbagger. Nachdem diese aber die zunächst erforderliche Tiefe gebildet hatten, stellte man die Verbindung mit der anschliessenden

dar, worauf die Baggerung von dem gesenkten Niveau aus gesetzt werden konnte.

Die 3½ Meilen lange Strecke vom kleinern Bittersee bis zur vor Suez mußte man im Trocknen und durch Handarbeit gehen, weil hier vielfach Bänke eines festen Kalksteins vorkamen, die zum Theil sich über den Wasserspiegel des Meeres erhoben.

Die Arbeiten an diesem Canal in Verbindung mit den beiderseitigen Hafenanlagen wurden am 25. April 1859 begonnen. Bei der öffentlichen Eröffnung am 17. November 1869 war der Canal noch keineswegs in den beabsichtigten Dimensionen ausgeführt.

Die bei dieser Gelegenheit zugelassenen Schiffe durften keinen größern Tiefgang als von 15 Fuß haben, und es fehlte nicht nur an Tiefe, sondern auch an der beabsichtigten Breite, so daß auch in vielfachen andern Beziehungen noch Ergänzungen und Verbesserungen nöthig waren. Wichtig ist es aber, daß bald darauf die Preussische Corvette Arcona bei 17 Fuß Tiefgang bis ins Meer hindurchlief, ohne irgend wo den Grund zu berühren. Daß man bei Ausführung tiefer Einschnitte sehr vorsichtig zu Werke gehen muß, um das Einstürzen der Dossirungen nicht zu vermeiden, ist bereits erwähnt. Im Allgemeinen wird diese Gefahr größer, je höher die Dossirung ansteigt. Der Grund dafür ist zum Theil in der zunehmenden Wahrscheinlichkeit zu suchen, irgend welcher Bruch im Boden vorhanden ist, der das Herabgleiten der gelösten Masse erleichtert. Demnächst vermindert sich die Wirkung der Cohäsion, welche kleinere Theile genügend zusammenhält, sobald es sich um die Erhaltung des Gleichgewichts in großen Massen handelt. Die Cohäsion ist nämlich der Ausdehnung der Bruchfläche proportional, steht daher in constantem Verhältniß zur Höhe bei gegebener Breite, wogegen das Gewicht der in der gegebenen Breite gelösten Masse dem Quadrat der Höhe entspricht. Die Gefahr wächst also bei zunehmender Höhe. Außerdem kommt hinzu die durch den stärkern Druck vermehrte Wirkung des Wassers drückt, und endlich ist der Schaden beim Einsturz einer hohen Dossirung viel nachtheiliger und ausgedehnter, als einer niedrigen, die Wiederherstellung wird kostbarer und zeitraubender.

Aus diesen Gründen pflegt man im aufgeschwemmten Boden keine hohen Dossirungen, wenn sie auch in den einzelnen Absätzen

XIII. Schiffahrts-Canäle.

keine größere Neigung erhalten, doch durch horizontale Bankete zu unterbrechen, wodurch sie im Allgemeinen bedeutend werden. Diese Bankete sind 3 bis 6 Fuß breit und liegen in horizontalen Abständen von 6 bis 10 Fuß übereinander. Ihre Wirkung besteht darin, daß sie den Druck des darüber liegenden Bodens von der äußern Fläche entfernen.

Der Einfluß der größern Höhe ergibt sich selbst bei wachsendem Boden noch aus einer andern einfachen Betrachtung. Jedes Baumaterial, wie fest es auch sein mag, trägt sich bei prismatischer Form nur bis zu einer gewissen Höhe, die rückwirkenden Festigkeit entspricht. Sobald man eine größere Höhe einführt, so werden die unteren Schichten durch einen Einschnitt in festem Felsen, der für geringe Böschungen bedarf, würde augenscheinlich dasselbe geschehen, sobald man ihn übermäßig tief senkrecht eingeschnitten. Wenn diese Grenze auch nie erreicht wird, so ist die Festigkeit des Gesteins in einzelnen Schichten doch oft so geringe, daß dem Druck nicht Widerstand leistet, während sie keine Tragfähigkeit besitzt, als der Druck sich noch auf die ganz oben übertrug, die früher den Einschnitt füllte.

Am geringsten ist die Gefahr, wenn der Einschnitt in zusammenhängenden Felsmassen dargestellt wird. Man gibt Böschung alsdann nur eine geringe Anlage, die zuweilen nicht der halben Höhe gleichkommt. Wenn indessen die Masse auch fest verbunden, und eine Trennung derselben zu vermeiden, oder das Lösen einzelner Theile undenkbar ist, so ist dennoch zu untersuchen, ob die entblößte Felswand dem Einfluß der Witterung Widerstand leisten wird. Es geschieht selten, daß ein Gestein, in welchem die Bergfeuchtigkeit eingeschlossen ist, einen innigen Zusammenhang zeigt, und so daß man durch Sprengen mit Pulver nur kleinere Massen lösen kann. Sobald es aber der Witterung ausgesetzt, bald bald naß wird, und in diesem Zustande auch der Einfluß Frostes hinzukommt, so nimmt häufig die Oberfläche ein anderes Ansehen an, und es lösen sich nicht nur kleine Massen, sondern es bilden sich auch tief eingreifende Trennungen größerer Massen Veranlassung geben. Dies geschieht oft in manchen Kalksteinen, in

und andern Gebirgsarten. Die Folge davon ist aber, daß von selbst eine flache Dossirung bildet, die sich immer weiter ent, bis sie endlich so wenig geneigt ist, daß die gelösten nicht mehr herabfallen. Bei manchen Französischen Canälen man in dieser Weise nachträglich sehr bedeutende Aenderungen einführen müssen.

Um solchem Mißgriff vorzubeugen, ist es am passendsten, vor Ausführung der Sprengungsarbeiten, in der Richtung des Einschnitts, Schachte herabzutreiben, und das dabei gewonnene Material liegend der Witterung, und dem Frost auszusetzen, und nachungsweise gegen einzelne Stücke, die man im frühern Stande zu erhalten sucht, die Abnahme der Festigkeit zu beobachten.

Daß bei weichem Gestein, oder solchem, das leicht zerbricht und zerklüftet, wenn es beim Brechen auch einige Festigkeiten sollte, noch größere Vorsicht nöthig ist, um das Hineinragen des Wassers möglichst zu verhindern, bedarf kaum der Erwähnung. Man giebt demselben nicht nur eine solche Dossirung, die gelösten Brocken darauf ziemlich sicher liegen, sondern zudem bringt man darauf auch noch Bankete an, um die herabfallenden Massen aufzufangen.

Bei geschichtetem Gestein, und namentlich beim Thonstein, muß man auf die Neigung der Schichten sehr aufmerksam seyn, denn wenn dieselben nach dem Einschnitte abfallen, so verhält sich leicht die schon vorhandene Fuge in eine Bruchfuge, die ganze darauf ruhende Steinmasse gleitet herab. Der Thonstein, der sich gemeinhin ziemlich rein in den Fugen des Thonsteins abgesetzt hat, wirkt, wenn Wasser hinzutritt und ihn erweicht, sogar wie eine Schmiere, wodurch die Bewegung noch begünstigt wird. Dergleichen Bergstürze kommen nicht selten und auch bei Straßenbauten vor. Man wird also, wenn die Schichten einer Richtung stark geneigt sind, die ungefähr normal gegen den Einschnitts liegt, diejenige Dossirung, in welcher die Schichten abfallend austreten, eben so flach, wie die Neigung der Schichten, anlegen müssen, während auf der andern Seite, wo die Schichten der Schichten austreten, die Neigung viel steiler bleiben muß. Solche Ungleichmäßigkeit der beiderseitigen Böschungen eines Einschnitts stellt sich nachträglich von selbst dar, wenn man

sie nicht bei der Ausführung schon vorgesehn hatte. Wenn dagegen die Schichten nur flach geneigt sind, aber wieder nach dem Einschnitt abfallen, so muß man auf andre Weise einem möglichen Absturz vorzubeugen suchen. Hierzu dienen zum Theil starke Futtermauern, oder auch wohl nur einzelne Strebepfeiler, vor Allem ist es aber nöthig, den Eintritt des Wassers in die Fugen zu verhindern, denn wenn dieses den darin befindlichen Thon erweicht, so kann selbst bei sehr geringer Neigung die Bewegung eintreten. Dabei ist noch zu bemerken, daß diese Bewegungen gewöhnlich nicht sogleich erfolgen, vielmehr oft mehrere Jahre hindurch das Gleichgewicht besteht, und keine Erscheinung auf eine Gefahr schliessen läßt, während plötzlich und namentlich nach anhaltendem Regen, oder beim Schmelzen großer Schneemassen, die Böschungen herabgleiten und einstürzen. Dieser Umstand zeigt augenscheinlich, welchen großen Einfluß auf diese Erscheinung das Wasser ausübt.

Ablagerungen von Kies und festen Steinbrocken lassen am wenigsten eine Gefahr besorgen, indem die einzelnen Steine sich sicher stützen und außerdem auch das Wasser darzwischen leichten Abfluß findet. In ähnlicher Art verhält es sich auch mit reinem Sande, der zwar eine flache Böschung erfordert, aber wenn nur diese Bedingung erfüllt ist, keine Bewegung annimmt. Das eindringende Wasser befeuchtet ihn zwar, es dringt indessen mit Leichtigkeit weiter herab, und wo es an der äußern Dossirung zum Vorschein kommt, geschieht dieses nicht in starken Adern oder Quellen, sondern es zeigt sich nur ein schwaches Durchsickern, das keine Besorgniß erregt. Gelingt es aber, die schräge Fläche noch zu bepflanzen, so wird die Besorgniß beseitigt, daß der äußere Sand herabgetrieben werden möchte.

Dieses günstige Verhältniß besteht aber nur, wenn der Einschnitt aus reinem Sande besteht, oder wenn demselben ein sehr geringer Thongehalt gleichmäßig beigemischt ist. Befinden sich aber in der Sandablagerung Thonschichten, wie dieses häufig geschieht, so gehört der Boden zu den gefährlichsten, die es überhaupt giebt, weil starke Quellen sich darin zu bilden pflegen. Das Wasser kann, indem es herabsinkt, die Thonschichten nicht durchdringen, sammelt sich also auf diesen an, fließt über sie fort, und wo es zu Tage tritt, verwandelt es den darüber liegenden Sand

Triebsand, den es in großen Massen herausreißt. Diese Erfolge zeigen sich auch noch, wenn die Dossirungen sehr flach sind. Zu den Erdstürzen, die sich alsdann ereignen, trägt aber die Erweichung des Thones wahrscheinlich wesentlich bei, indem sie alle Bewegungen erleichtert. Man überzeugt sich auch, daß die Anlage von Futtermauern, wenn sie nicht so stark sind, daß sie dem Druck der ganz mit Wasser gefüllten Erde Widerstand leisten können, wenig Vorthail versprechen. Indem aber das Wasser unter der Mauer fort sich einen Ausweg sucht, so gefährdet es auch in andrer Weise die Stabilität derselben. Wollte man unter solchen Verhältnissen, wo nämlich große Wassermassen vordringen, die Mauer mit Durchfluß-Oeffnungen versehen, so würde dadurch eine Menge Sand mit herausgetrieben werden. Man pflegt allerdings dieses Mittel zuweilen anzuwenden, doch sucht man alsdann durch Steinschüttungen hinter der Mauer das Durchfließen des Sandes möglichst zu verhindern. Vielfach, und oft mit günstigem Erfolg, hat man die abstürzenden Dossirungen durch Drainirung oder Anlage von Sickergräben (Theil I § 29) haltbar gemacht. Das wirksamste Mittel, welches man gegen solche Quellenbildung anwenden kann, besteht darin, daß man das Wasser schon abfängt, ehe es in den Boden eindringt. In manchen Fällen erreicht man dieses durch offene Abzugsgräben, liegen die Quellen aber in größerer Tiefe, so genügen solche nicht mehr, und von ihrer Ableitung durch Artesische Brunnen, wie zuweilen vorgeschlagen, darf man sich im Allgemeinen wenig versprechen. Es bleibt alsdann nur übrig, dem Wasser an derselben Stelle, wo es bisher hindurchging, einen freien Abfluß zu eröffnen. Am Canal von Charleroy war der Wasserzudrang in den hohen Dossirungen so stark, daß unter dem Druck desselben der erweichte Boden flüssig wurde und die Leinpfade in den Canal gedrängt wurden. Man versuchte die Canalafer durch Bohlwerke zu halten, und da die Bewegung sich dennoch fortsetzte, so verstreute man einzelne der beiderseitigen Bohlwerkspfähle durch Spannriegel gegen einander, unter welchen die Schiffe hindurchfuhren. Dennoch genügte auch dieses nicht, die Spannriegel zerbrachen. Endlich entschloß man sich, im Fuß der Dossirung in Abständen von 64 Fuß tiefe Stollen einzutreiben. Indem das Wasser in diesen offenen Abfluß fand, blieben die Dossirungen endlich unversehrt.

Dieses Eintreiben von Stollen ist indessen sehr k
Watson hat dafür ein andres Verfahren angenommen, da
sowohl auf der London-Birmingham-Bahn, wie auf der C
Bahn in Ausführung gebracht ist. *) Dasselbe stimmt mit
lichen Bohrmethoden in aufgeschwemmtem Boden überei
unterscheidet sich davon nur in sofern, als die Bohrlöcher
lothrecht abwärts, sondern horizontal, und sogar etwas an
gebohrt werden. Es dient hierzu eine Maschine, die in
wähnten Fällen auf einem Wagen stand, die aber bei Can
ein Fahrzeug gestellt werden kann. In diese Bohrlöcher
gusseiserne Futterröhren eingetrieben, deren Wände
obern Hälfte durchlöchert sind. Diese Löcher sind aber a
sehr enge, und erweitern sich stark nach innen, woher
nicht verstopfen können. Sollte aber durch sie Sand in die
treiben, so würde derselbe, da er auf die untre glatte Röhr
fällt, mit dem Wasser zugleich herausfließen, oder man kö
leicht durch gewisse einfache Vorrichtungen daraus entferne
Sperrung der Röhren ist daher nicht zu besorgen.

Der reine Thonboden und eben so auch der
Mergel sind gleichfalls bei Ausführung tiefer Einschnitte
bedenklich, und in mancher Beziehung sogar noch gefährlic
Sand mit abwechselnden Thonlagen. Es tritt nämlich
eigentlich niemals ein sichres Gleichgewicht ein. Der Th
wandelt sich in der Nässe, so weit diese eindringt, in ei
Flüssigkeit, die unter keiner Dossirung sich erhält, sond
Bestreben hat, jeden auch noch so sanften Abhang herabzu
In trockner Jahreszeit dagegen zerklüftet sie, und zerfällt i
Theilchen, die gleichfalls herabrollen, oder vom Regen
spült werden. Dabei pflegt sowohl auf dem reinen Thon,
dem Mergel eine kräftige Vegetation sich nicht zu bilden,
Oberfläche bleibt immer dem Einfluß der Witterung au
und bald trocken, bald flüssig fallen einzelne Theile dersel
ab. Der größte Uebelsand tritt indessen ein, wenn grössere
massen hineindringen. Dieser Zustand läßt sich jedoch g
vermeiden, wenn man für die gehörige Ableitung des
sorgt, Der Boden ist nämlich an sich sehr wasserdicht, i

*) *Civil Engineer and Architect's Journal* 1844. pag. 49

dadurch das Regenwasser, selbst bei mäßigem Gefälle der Abgräben, noch sicher ableiten, ohne daß es sich stark hinein-

Der Ourcq-Canal wurde bei Bondy, in der Nähe von Paris, einen etwa 45 Fuß tiefen Einschnitt in Mergelboden geführt. In der großen Eile, womit der Bau begonnen war, hatte man die Schwierigkeit dieses tiefen Einschnitts in solchem Boden ganz unberücksichtigt gelassen, und sogar beim Beginn der Arbeiten den seitigen Dossirungen nur eine einfache Anlage und keine Unterstützung gegeben. Es traten sehr bald so bedenkliche Bewegungen ein, daß dem Anschläge, der erst später aufgestellt wurde, schon die ersten Dossirungen, nämlich mit $1\frac{1}{2}$ facher Anlage zum Grunde lagen. In dieser Weise kam der Einschnitt zur Ausfübrung. Man mußte indessen fortwährend die herabgestürzten Erdmassen abtragen, und die Dossirungen abgraben, sobald sie überwiehen, bis schon 1816 die Böschungen eine 3fache Anlage angenommen hatten, in denselben wurden damals mehrere Bankete angebracht, die diese Abflachung zeigte sich jedoch als ungenügend. Im Jahr 1823 war der Canal stellenweise mit holzernen Bohlwerken versehen, die jedoch oft so nahe an einander geschoben waren, daß die Schifffahrt sperrten. Man hatte daher hin und wieder Pfähle davor gerammt, und diese gegen einander abgesteift, so daß die Schiffe wieder unter den Spannregeln hindurch gehen konnten. Man war damals auch damit beschäftigt, die Böschungen noch flacher zu machen. Sie erhielten zum Theil eine vierfache Anlage und wurden außerdem in senkrechten Abständen von 6 Fuß mit Banketen von 6 Fuß Breite versehen. In spätern Mittheilungen scheint aber selbst diese flache Neigung noch nicht genügt zu haben, so lange der Boden stark mit Wasser durchzogen blieb. Eben so wenig zeigte sich noch ein größerer Erfolg, als man die Dossirung mit einer Steindecke oder einem Perré verkleidete. Dagegen sollen die Ufer keine weitere Bewegung gemacht haben, nachdem man endlich für die Abfuhr des Regenwassers gesorgt hat.

Das Ausweichen hoher Dossirungen wird oft noch dadurch veranlaßt, daß man die aus dem Durchstich gewonnene Erde zur Vermeidung weitrer Transporte unmittelbar dahinter ablagert. In dem hiesig erwähnten Beispiel war man bald hierauf aufmerksam ge-

worden, und hatte daher schon bei den ersten Abflachungen der Erde weit zurückfahren und ausbreiten lassen. Man muß selbst bei festem Untergrunde dafür sorgen, daß der Abraum nicht unmittelbar an den obern Rand der Dossirung geworfen wird, vielmehr wenigstens noch einige Ruthen weit davon entfernt bleibt, wodurch schon das Aufbringen der Erde erleichtert wird. Selbst geringe Abstände genügen aber keineswegs bei zweifelhaftem Boden und bei hohen Ablagerungen, man ist vielmehr gezwungen, diesen noch weiter zurückzugehn, und außerdem die Aufschüttung so flach zu dossiren, daß sie nicht etwa selbst in Bewegung kommen.

Eine andre Vorsicht, die bei der Ablagerung der ausgehobnen Erde am Rande eines Einschnitts nicht unbeachtet bleiben darf, bezieht sich wieder auf die Entwässerung. Eines Theils darf der Abraum nicht etwa die Entwässerung des natürlichen Bodens verhindern. Dieses könnte geschehn, wenn das Terrain nach der vom Einschnitt abgekehrten Seite abfiel, so daß zwischen der Anschüttung und der Dossirung des Einschnitts das Regenwasser keinen Abfluß fände, sich also hier ansammeln und so weit es nicht verdunstet, in den Boden einziehen müßte. Um dieses zu vermeiden, werden, so oft es nöthig ist, unter der Auftragserde, und bevor diese aufgebracht wird, an passenden Stellen überdeckte Gräben angelegt, und zugleich wird dafür gesorgt, daß diesen das Wasser unbehindert zufließt. Andern Theils darf man auch nicht unbeachtet lassen, daß die frisch aufgeschüttete Erde alles Regenwasser, welches darauf fällt, selbst einzieht, und wenigstens Anfangs, so lange ihre Oberfläche durch Nachsinken oder Verschlammung noch nicht gedichtet ist, dieses Wasser bis auf die frühere Oberfläche herabdringt. Damit es sich hier aber nicht ansammelt und zu neuen Quellen in der Dossirung Veranlassung giebt, empfiehlt es sich, auf der ganzen zu überschüttenden Fläche ein vollständiges Netz von Sickergräben einzurichten, was gemeinlich nur mäßige Kosten verursacht. Endlich muß man aber auch der aufgeschütteten Erde geeignete Dossirungen geben, damit das Regenwasser, wenn es sich nicht sogleich einzieht, abfließen kann. Ob die Entwässerung nach dem Durchstich, oder nach der entgegengesetzten Seite stattfinden soll, hängt von dem allgemeinen Gefälle des Bodens ab, aber jedenfalls muß das Wasser möglichst nicht

chnell aus der Nähe der Dossirungen entfernt werden. Ein Graben ohnfern des obern Randes der Dossirung, der mit starkem Gefälle das Wasser ableitet, ohne in den Einschnitt selbst auszumünden ist in diesem Fall besonders wichtig, man auch gezwungen, hinter dem Erdhaufen einen zweiten Graben auszuführen.

Auffallend ist es, daß die Bewegungen der Dossirungen in Einschnitten sich häufig in der ersten Zeit gar nicht zu ergeben, vielmehr oft erst im nächsten Jahre eintreten, zuweilen aber auch noch später. Die Einstürze wiederholen sich dann lange Zeit hindurch, namentlich nach heftigem Regen nach dem Schmelzen großer Schneemassen, sie hören vielleicht auch niemals auf, wenn man die Dossirungen immer in der Weise wieder herstellt. Man will aber bemerkt haben, daß die Erdstürze durch die Anfüllung des Canals mit Wasser begünstigt werden, und man sonach bei einer Canalanlage früher sein Urtheil über die Festigkeit der Dossirungen gewinnt, wenn in dem Einschnitt eine Eisenbahn liegt. Bei dem unveränderten Einfluß des Wassers auf die ganze Erscheinung ist diese Thatsache auch leicht zu erklären.

Die Dossirungen hoher Anschüttungen sind ähnlichen Bewegungen, wie die der Einschnitte ausgesetzt, und bei beiden treten ungefähr gleiche Erscheinungen vor. Ein wesentlicher Unterschied findet indessen insofern statt, als im künstlichen Damm Einstürzungen früher eintreten und aufhören, als in der Natur einer natürlichen Erdablagerung. Wenn der Damm lange Zeit hindurch sich setzt, und an Höhe verliert, so pflegt das Resultat wegen seiner Dossirungen schon etwa nach einem Jahr vollständig verschwunden zu sein. Dieses erklärt sich leicht durch seine isolirte Lage, indem keine Quellen und große Wassermassen hineintreten können, er daher in kurzer Zeit austrocknet und noch später dauernd trocken bleibt. Wenn dagegen der Damm einen Canal tragen soll, so ändert dieses Verhältniß sich wesentlich, um den Zufälligkeiten zu begegnen, die alsdann besorgt werden müssen, kann die Vorsicht kaum zu weit getrieben werden, namentlich wenn die Dämme sehr hoch sind. Es begründet sich in der Regel, daß der Damm sich vollständig gesetzt haben muß und keine Bewegung mehr zeigen darf, wenn das Canalbett

auf ihm zugerichtet wird, weil dieses sonst nicht wasserdicht bliebe würde. Augenscheinlich würden aber alle Gefahren, denen die Dämme unter den ungünstigsten Umständen die Dossirungen der Einschnitte gesetzt sind, sich bei den Dämmen wiederholen, wenn große Wassermassen fortwährend in sie eindringen könnten.

Das Aufbringen der Erde in dünnen Schichten, so wie das starke Abrammen derselben, um das spätere Setzen auf das geringste Maass zu beschränken, ist besonders in diesem Falle dringend nöthig. Die Anwendung flacher Dossirungen empfiehlt sich aber theils, um den Bewegungen derselben zu begegnen, und theils auch um das Gewicht des ganzen Dammes auf eine größere Fläche zu vertheilen, und dadurch das Einsinken der Thalsohle zu verhüten, falls dieselbe aus nachgebendem Boden besteht.

Die Bewegungen, welche die Dossirungen der Dämme machen, stimmen übrigens mit denen der Einschnitte überein. Auch in der Dossirung selbst eine Verschiebung leicht möglich ist, findet ein Herabgleiten großer Massen, und zwar über eine beträchtliche Bruchfläche statt. Der gelöste Theil, der die Form eines Abschnittes von einem Cylinder hat, senkt sich oben sehr ab und bewegt sich gegen sein unteres Ende mehr seitwärts. Die Dossirung, welche ursprünglich von oben bis unten dieselbe war, wird daher oben steiler und verschwindet oft ganz, während sie unten sehr flach wird. Die Erscheinung ist genau dieselbe, die auch bei den Abbrüchen der Flußufer sich fast jedesmal wiederholt (§. 8). Sobald das Eintreten der Bewegung giebt sich die Ausbildung der Bruchfläche schon durch das Entstehen senkrechter schmaler, aber tiefer Spalten am obern Ende der gelösten Masse zu erkennen. Oft vergeht eine geraume Zeit, nachdem man diese bemerkt hat, ehe die Bewegung wirklich erfolgt. Sobald dieses aber geschieht, zerfällt natürlich der seitwärts geschobene untere Rand, und es bildet sich ein wellenförmig vortretender Erddamm. Die steile Dossirung am obern Rande derjenigen Erdmasse, die an der Bewegung keinen Theil genommen hat, kann sich natürlich nicht lange erhalten und stürzt daher bald nach.

Wesentlich verschieden ist die Erscheinung, die bei dem Setzen des Dammes eintritt, wobei kein Theil sich von dem andern ablöst und gegen denselben verschiebt. Die Dossirungen bleiben auch in diesem Fall nicht unverändert, doch ist ihre

erung gemeinhin so geringe, daß man sie bei der üblichen Bekleidung kaum mit Sicherheit wahrnehmen kann. Man bemerkt sie aber sehr deutlich, wenn die ganze Dossirung mit einer Lecke oder einem Perre regelmässig verkleidet war. Dieses nämlich nach aussen auszubanchen, so daß die Dossirung nachher, unten dagegen etwas steiler wird.

Sodlich ist häufig der Untergrund nicht fest genug, um das Gewicht des Dammes zu tragen, er giebt also unter der starken Last nach und senkt sich. Hierbei pflegt oft nicht sowohl eine Compression des Bodens einzutreten, als vielmehr ein Ausweichen desselben. Namentlich geschieht dieses im weichen und ungleichen Untergrunde. Sobald der Damm in ihn eindringt, erheben sich die Wiesenflächen am Fuß der Dossirungen, und steigen in langausgedehnte Rücken, in der Breite von mehreren Ruthen, 10 Fuß hoch über den Horizont der ursprünglichen Thalfläche. Bei einer solchen Veränderung des Untergrundes verschiebt sich wahrscheinlich die Masse desselben, indem sie aus der Mittellinie des Dammes sich nach beiden Seiten hin bewegt. Gewöhnlich wird in diesem Fall das Bett eines Baches durchschnitten, und wenn man um letztern nicht zu sperren, hier einen Durchlaß erbaut, so nimmt derselbe an der Bewegung des Untergrundes Theil und wird der Länge nach zerrissen. Auch wenn man zu größserer Sicherheit den Durchlaß auf einen Pfahlrost gestellt hat, werden die Pfeile desselben von der bewegten Erde gefaßt und nach beiden Seiten hin übergeschoben. Ein Fall dieser Art wiederholte sich bei einer hohen Dammschüttung, über welche der Main-Canal geführt wurde.

Nach dem ursprünglichen Project sollte das sehr tiefe Thal des Distelbaches bei Burgthann, ohnfern des Städtchens Alt- durch einen Brückencanal überspannt werden. In dem damals entworfenen Project ist dieser Bau auch in der Seitenansicht und Grundriß dargestellt. Fünf Bogen, jeder von 50 Fuß Weite nach dem Entwurf auszuführen, und nach derselben Zeichnung liegt der Canal sehr genau 100 Fuß über dem Distelbach. Als man jedoch zur Ausführung dieses Bauwerkes kam, hatte man die Ueberzeugung gewonnen, daß die Anschlagssumme für den ganzen Canal weit überschritten werden würde, und indem man möglichsie Ersparungen Bedacht zu nehmen sich gezwungen

sah, so meinte man, daß der Uebergang über den Distelbach und eben so auch die Uebergänge über die Thäler des Kellerbachs und Grubenbachs hierzu Gelegenheit boten, wenn man statt der veranschlagten Brücken, Dammschüttungen wählte. Alle drei Bäche kreuzen die Scheitelstrecke des Canals, welche nahe 4 Meilen lang ist und alle Unebenheiten des Bodens zu beiden Seiten der Wasserscheide überschreitet. Die beiden letztbenannten Thäler sind etwas weniger tief, als das des Distelbachs, nichts desto weniger erforderten auch sie hohe Dammschüttungen. Das Material zu diesen Dämmen lieferten die Einschnitte, die hier vielfach vorkamen, und die, wenn auch weniger tief, doch der Länge nach viel ausgedehnter, als die Dämme waren. Der gewonnene Boden bestand aber aus einem weichen Kalkstein, zur Formation des Keupers gehörig, der beim Brechen noch einige Festigkeit hatte, oft sogar nur mühsam gelöst werden konnte, der aber an der Luft in feine Blättchen oder Schuppen zerfiel, die beim Zutritt von Wasser dieses einsogen und sich in eine breiartige Masse verwandelten.

Dieses war das Material, woraus man die 100 Fufs hohen Dämme schüttete, die den Canal tragen sollten. Bei der Schüttung selbst wurde wieder der Kostenpunkt berücksichtigt, und in gleicher Art, wie bei Eisenbahn-Anlagen, das Material auf provisorischen Bahnen angefahren und von der Krone aus verstürzt. Alle drei Dämme waren auf solche Weise im Jahr 1841 dargestellt. Im folgenden Jahr, als ich sie sah, und der Canal contractlich der Schiffahrt eröffnet werden sollte, war ihr Zustand höchst bedenklich.

Sie hatten starke Bewegungen gemacht, sich sehr gesetzt und in den obern Theilen ihre Dossirungen verloren, während unter die Schlammmassen etwa 50 Fufs breit vor den Fuß der Schüttung über die Thalsohle gequollen waren. Einzelne Häuser im Dorf Burgthann standen in augenscheinlicher Gefahr, von der noch keineswegs zum Stehn gekommenen Masse erreicht und verschüttet zu werden. Der massive Durchlaß, der den Distelbach abführt, war auf einen Pfahlrost gegründet. Seine lichte Höhe betrug 6 Fufs und seine Breite 8 Fufs, indem man darin noch einen Fußpfad angelegt hatte. Seine Länge maasß etwa 500 Fufs und an jeder Seite schloß ihn ein starkes Mauerwerk mit Flügeln ein. Der Durchlaß war in der Mitte auseinander gerissen, so daß eine 9 Zoll weite Fuge sich quer hindurchzog. Aus Besorgniß, d

ge sich noch mehr erweitern und die Erdmasse in den Durch-
 löchern und denselben verstopfen möchte, hatte man der Länge
 hin Anker aus zusammengeschrobenen starken Eisenstangen
 angezogen, das die beiden gegenüberstehenden Stirnmauern
 und Dieser Anker hatte sich unter dem zunehmenden Druck
 sehr gespannt, daß er beim Aufschlagen wie eine Saite vibrirte.
 Die Schüttungen in den Thälern des Keller- und Grubenbachs
 wegen der geringern Höhe weniger verwüstet und man
 am den Anfang, sie wieder zu reguliren und das Canalbette
 vorzurichten. Man überzeugte sich indessen, daß in der
 Beziehung von dem ursprünglichen Project abgegangen wer-
 den müsse, denn bei dem erfolgten Setzen des Dammes und beim
 Senken des obern Theils der Dossirungen hätte man sehr be-
 deutende Schüttungen noch aufbringen müssen, um das frühere
 wieder herzustellen. Um dieses zum Theil wenigstens zu
 vermeiden, entschloß man sich, den Canal auf dem Damme bis auf
 10 Fuß zu verengen und ihn mit senkrechten hölzernen Wänden
 zu versehen. Man hatte daher Rammen aufgestellt, und trieb Bohl-
 wärter ein. Wenn diese auch anfangs bei der fortgesetzten
 Senkung der Dämme noch überwiegen, so lagerte sich doch end-
 lich die ganze Masse fester ab, und indem man auch für mög-
 liche Dichtung des Canalbettes sorgte, konnte nach einigen Jahren
 Wasser eingelassen und die Schifffahrt eröffnet werden.

§. 88.

Dichtung der Canäle.

Obwohl die Ausführungen beim Dichten der Canäle nur in
 der Vervollständigung der Erdarbeiten bestehn, also wesentlich
 der Erdarbeiten gehören, so schien es bei ihrer großen Wichtigkeit doch
 nöthig, sie besonders und im Zusammenhang zu behandeln.
 Wie oben (§. 85) sind manche Vorsichtsmassregeln bezeichnet,
 worauf Bezug haben, und schon bei Gelegenheit der Filtration
 mitgetheilt, welche außerordentliche Wasserverluste in man-
 chen Canalstrecken vorkommen, wodurch nicht nur die Schifffahrt
 leidet, sondern auch die Umgebungen versumpft und in andrer
 Weise geschädigt werden.

Es ergibt sich hieraus, wie wichtig es ist, Mittel zu beschaffen, wodurch man solchen Uebelständen sicher vorbeugen und das Wasser zurückhalten kann. Dergleichen giebt es verschiedene, die im Wesentlichen auf eine kleine Anzahl sich reduciren, wiewohl aber doch manche Verschiedenheiten vorkommen, die nicht ohne Bedeutung sind. In einzelnen Fällen zeigt sich das eine Verfahren in andern ein anderes vortheilhafter, während das erste entweder erfolglos oder zu kostspielig ist. Die verschiedenartige Beschaffenheit des Untergrundes ist augenscheinlich die wichtigste Rücksicht, die man bei der Wahl der Mittel zu beachten hat, indem sie auch auf die Filtration den wesentlichsten Einfluß ausübt, so kann man oft aus der letztern auf die Bodenbeschaffenheit schließen und durch Beobachtung des Wasserverlustes schon zu einer Ueberzeugung gelangen, daß an einer Stelle vielleicht ein einfaches Verfahren genügt, während an einer andern kräftigere Mittel angewendet werden müssen.

Oft giebt der bloße Augenschein schon Gelegenheit, die undichtesten Stellen zu erkennen. Wenn sehr starke Wasseradern an einzelnen Punkten austreten, so zeigt dieses der Wasserspiegel an, indem er über der Oeffnung, welche die großen Massen verschluckt, eine Einsenkung, oder diejenige Erscheinung bemerken läßt, die man gemeinhin einen Trichter nennt. Das Wasser darüber fließt nämlich an zu wirbeln, oder sich im Kreise zu drehn, und in Folge der Centrifugalkraft oder des Trägheitsmoments entfernt es sich von der Drehungsachse, woher in dieser an der Oberfläche eine Einsenkung entsteht. Es muß allerdings die Ausflußöffnung sehr groß sein, wenn diese Einsenkung namentlich bei dem gewöhnlichen Wasserstande von 3 bis 5 Fuß bemerkbar sein soll. Wenn dagegen das Wasser sehr klar ist, so kann man zuweilen aus den Bewegungen der Sandkörnchen über dem Grunde schon auf die Lage der Adern schließen. Erfolgreicher pflegt in den Fällen, wo der Wasserspiegel über dem umgebenden Terrain liegt, die nähere Untersuchung des letztern zu sein. Wo dasselbe besonders feucht und naß ist, liegen auch die stärksten Abzugsstellen im Canal, und es geschieht sogar, daß diese als fließende Quellen am Fuß des Dammes austreten. Nichts desto weniger wird an diesem Mittel zur Auffindung der undichten Stellen erfolglos, wenn der Untergrund kiesig und der Stand des Grundwassers in der

sehr tief ist. Alsdann ist das austretende Wasser, und es auch noch so reichlich fließen sollte, gar nicht zu be-
zwecken.

Die sicherste Methode zur Ermittlung der Stärke der Fil-
tration an einzelnen Stellen ist die unmittelbare Beobachtung des
Wasserstandes. Wenn dazu auch manche Vorkehrungen erforder-
lich sind, so sind die Kosten derselben doch nicht so groß, als
wenn man die kräftigsten Methoden der Dichtung weiter ausdehnt,
wenn nöthig ist. Zuerst untersucht man, ob eine Canalstrecke zwischen
Schleusen besonders stark das Wasser verliert. Dieses läßt
sich, wenn der Canal auch nur probeweise gefüllt wird, an dem
Sinken des Wasserstandes, während die Schlenkenthore
geschützt geschlossen gehalten werden, leicht erkennen. Die
Versuchung darf aber nicht hierauf beschränkt werden, denn in
den meisten Fällen ist die Canalstrecke nicht in ihrer ganzen Aus-
dehnung in gleichem Maße undicht, vielleicht ist sogar nur ein
Theil in ihr mit vielen und kräftigen Adern versehen, wäh-
rend sie im übrigen Theile das Wasser zurückhält. Man kann,
aus dem Augenschein oder die sonstige Kenntniß von der Be-
chaffenheit des Untergrundes hierüber kein Urtheil gestattet, nur
durch Zerlegung der Strecke in mehrere Abtheilungen zu einem
bestimmten Resultat gelangen. Man legt zu diesem Zweck verschiedene
Baugedämme durch den Canal, und bringt in allen gewisse Vor-
richtungen an, wodurch die Verbindungs-Oeffnungen schnell ge-
schlossen werden können. Während letztere sämmtlich noch frei
sind, beobachtet man den Wasserstand in allen Abtheilungen, und
erzeugt sich, daß er bei dauerndem Zuflusse sich als Beharrungs-
stand darstellt. Die Stärke der Durchströmung durch diese Oeff-
nungen läßt schon ungefähr auf die Dichtigkeit der einzelnen Ab-
theilungen schließen, doch sicherer wird das Urtheil, wenn man
dann gleichzeitig alle Oeffnungen sperrt, und nunmehr an den
verschiedenen Pegeln das Sinken des Wassers in gewissen Zwischen-
räumen beobachtet. Erfolgt dieses ziemlich gleichmäßig in allen Ab-
theilungen, so ist es ein Zeichen, daß die Stärke der Filtration in
der ganzen Haltung gleich groß ist und nirgend besonders kräftige
Stellen stattfinden. Man wird daher die Dichtung auf die ganze
Canalstrecke auszudehnen haben. Hätte man dagegen gefunden,
daß eine Abtheilung das Wasser sehr schnell verliert, während die

andern keine Verluste zeigen, so wüßte man, daß in jener die starken Wasseradern liegen, und man könnte alsdann, um ihre Lage noch genauer zu ermitteln, jene Abtheilung wieder in gleicher Weise in Unterabtheilungen zerlegen. Wie wichtig diese Untersuchung ist, ergibt sich daraus, daß das Verfahren zur Beiseitigung der Filtration ein wesentlich verschiedenes sein muß, wenn starke Adern an einer einzelnen Stelle liegen, oder wenn der Boden überall gleichmäßig das Wasser hindurchdringen läßt.

Unter den Methoden zum Dichten ist zunächst diejenige zu erwähnen, welche man schon in frühern Zeiten oft angewendet, und die zuweilen auch günstige Resultate gegeben hat. Sie besteht in der Zuführung von trübem Wasser. Man gewinnt dieses am einfachsten, wenn man die Bäche oder Flüsse zur Zeit ihrer Anschwellung eintreten läßt. Die oben (§ 84) erwähnten Vorsichtsmaafsregeln, wonach alle erdigen Massen abgehalten werden sollen, können in solchem Fall keine Anwendung finden, und eine natürliche Folge hiervon ist es wieder, daß dem Canal grosse Sand- und Erdmassen zugeführt werden, die sich an einer Stelle mehr, als an der andern ablagern, und die man durch künstliche Räumungen wieder beseitigen muß, wenn nicht die entstandenen Untiefen die Schiffahrt hemmen sollen. Bei diesen Räumungen kann leicht die beim Einlassen des trüben Wassers wirklich erzielte Dichtung wieder aufgehoben werden. Um dieses möglichst zu verhindern, pflegt man freilich den Canal ursprünglich etwas tiefer zu machen, als er später erhalten werden soll. Da diese Mehrtiefe aber doch höchstens einen halben Fuß beträgt, so ist dadurch die angeregte Besorgniß keineswegs aufgehoben. Es ergibt sich hieraus, daß das Einlassen des trüben Wassers große Nachtheile mit sich führt, während es keineswegs von ganz sicherem Erfolg ist. Daß die Speisegräben mancher Französischen Canäle schon seit Jahrhunderten in dieser Weise behandelt sind, ohne daß die grossen Wasserverluste dadurch aufgehoben wären, ist bereits früher erwähnt.

Nichts desto weniger hat diese Methode dennoch bei manchen ältern Canälen nach und nach zu dem beabsichtigten Ziel geführt. Sehr wichtig sind aber die Versuche, die an dem Rhein-Rhône-Canal hierüber angestellt wurden. Die Strecke von Hünningen abwärts bis Straßburg war hierzu vorzugsweise geeignet, indem sie

in groben Kieslager, welches das Rheinthal anfüllt, eingestrichen ist, und daher übermäßige Verluste durch Filtration erwahrend sie andererseits vom Rhein gespeist wird, und man mit der Anschwellungen desselben auch übergroße Massen Wassers hineinleiten kann. Man ließ, nachdem alle Schleusen geöffnet waren, bei Hünningen etwa 200 Cubikfuß Wasser in der Secunde dem Canal zuströmen. Die hierdurch veranlasste Steigung war aber nur etwa eine Meile weit zu bemerken, denn die Filtration war so stark, daß dieser Zufluß bald verschwand, weiter abwärts die Strömung ganz aufhörte. Man änderte nun die Mündung des Stichcanals bei Hünningen, sowie auch die betreffende Schleuse in der Art ab, daß die eingeführte Wassermenge auf nahe 500 Cubikfuß in der Secunde sich erhöhte. Diese erreichte allerdings den Ill bei Straßburg, aber beim Versuch dieser Art brachen die Canaldämme bald hier und dort, und der Erfolg der Dichtung war dennoch so gering, daß man sich nach einigen Jahren von der gänzlichen Unmöglichkeit dieses Mittels überzeugete und zu andern Methoden überging^{*)}.

Die selbe Erfahrung machte man auch später auf dem Marne-Canal, wo in den Thälern des Ornain und der Meholle der Grund aus grobem Kies und zerklüftetem Kalk bestand. Das eingeführte trübe Wasser veranlasste ohnfern seines Eintritts nur geringe Verflachungen, während es in weiterer Entfernung gar keine Wirkung ausübte^{**)}.

Sehr nahe verwandt mit dem so eben beschriebenen ist das französische Verfahren, wonach das trübe Wasser künstlich dargekocht oder reines Wasser durch einen Zusatz von fettem Thon getrübt wird. Man kann diese Operation entweder in besonderen Seiten-Bassins vornehmen, und die zubereitete Flüssigkeit in den Canal treten lassen, oder man kann auch im Canal selbst den erdigen Zusatz mit dem Wasser vermengen. Am Main-Canal hatte man hierüber vielfache Versuche gemacht, die

^{*)} Le Grom, sur les étanchements du canal du Rhône au Rhin, *Annales des ponts et chaussées*, 1845, I. pag. 225.

^{**)} Mulézieux, étanchement du canal de la Marne au Rhin. *Annales des ponts et chaussées* 1856 I. pag. 133. Auf dieses, wie auf das Mémoire von Le Grom, wird im Folgenden vielfach Bezug genommen.

auch zu günstigen Resultaten geführt haben. Namentlich zu sich solche, wenn der Wasserstand im Canal recht niedrig war, also der Druck nicht stark war. Alsdann haften erdigen Theilchen, die mit dem Wasser in die feinen Zwischenräume eindringen, in diesen und verstopften sie. Wenn dieselben Theilchen unter starkem Druck eindringen, so werden sie heftiger herabgetrieben und vollständig hindurchgestoßen. Man hatte bemerkt, daß bei diesem Verfahren, und zwar wenn feiner Thon angewendet wurde, der lange in dem Wasser schwebte, derselbe in den reinen und feinen Sand 6 Zoll tief eindringen eine befriedigende Dichtung veranlaßte. Die Zubereitung der Flüssigkeit verursachte aber große Schwierigkeiten. Es ist nicht nur der Anlage eines geräumigen Bassins neben dem Canal und in angemessener Höhe, sondern es mußte auch ein Bassin eingelegt werden, der es anfüllte. Auch konnten diese Bassins nicht so groß sein, daß sie zur Dichtung längerer Strecken hätten. Dazu kam aber noch, daß auch aus diesem künstlich getrübbten Wasser die erdigen Theilchen schon in geringer Entfernung niederschlugen, also auch aus diesem Grunde die Wirkung beschränkt blieb.

Will man demnach längere Strecken durch beigemengten Thon dichten, so bleibt nur übrig, die Mischung im Canal selbst zu nehmen, was in Frankreich vielfach, jedoch mit wenig Erfolg geschehn ist.

Beim Rhein-Rhone-Canal versuchte man, um die Böden der Dämme zu dichten, den Thon recht fein zertheilt im Wasser zu werfen, und da er sich mit demselben nicht vermengte, so bildete man hinter einander schwache Thorwerke wie kleine Wehre, von denen einer nach dem andern bei Anlassen des Wassers überströmt und durchbrochen wurde. Das Wasser trübte sich dabei allerdings, aber vergleichungsweise die große Menge des eingebrachten Thons war der Erfolg dennoch genügend, und man überzeugte sich bald, daß das trübe Wasser überhaupt nur wirksam ist, wenn es sich um Schließen feiner Adern handelt, daß man aber in so porösem Untergrund wie dort, damit nichts erreicht.

Auch beim Marne-Rhein-Canal hat das Einschütten des Thons keinen Erfolg gehabt. Derselbe fiel an den Stellen

einwarf, zu Boden und veranlafste Verflachungen, während die beabsichtigte Wirkung kaum bemerkbar war.

Am Donau-Canal hat man die Vermengung des Thons mit Wasser, und zwar im Canal selbst, mechanisch bewirkt, und ist das Verfahren, das Pechmann unbedingt empfiehlt*) in dem Thon eingeworfen werden, zum Theil war Thon schon in natürlichen Thonlagern ausgehoben, und in beiden Fällen nur darauf an, die nöthigen Bewegungen zu bringen, damit die feinen Erdtheilchen sich lösten und sich verbreiteten. Man fand dazu am geeignetesten die Anwendung einer Egge, wie solche auf gepflügten Aeckern zum Zerbrechen der Schollen und zum Ebenen der Oberfläche benutzt wird. Auf jedem Leinpfade ein Pferd davor, und bewegte man sie in der Längenrichtung des Canals hin und her. Zudem man sie auch nur von dem einen Ufer aus zieht, so kann man andern ein Arbeiter sie an einer zweiten Leine anzug, so daß nicht das Ufer streifen und die Dossirung beschädigen

Es ist bisher nur von der Anwendung des Thons die Rede gewesen, während zu diesem Zweck auch andere Erdarten sich eignen, und namentlich der Sand vielleicht noch vortheilhafter ist, wenn nicht so fein zertheilt, also sicherer und leichter die Adern zu sperren, wenn auch nicht ganz sperren, doch sehr verengen. Bei Anwendung desselben sollen besonders in dem Canale von Bourgogne überraschend gewesen sein**), woselbst nämlich die Adern gestopft wurden, und einzelne Strecken, wo der Wasserstand bisher in der Stunde sich um 2 Zoll erhöhte, plötzlich keinen Verlust mehr erfuhren. Das Verfahren darin, daß man ein Boot mit recht feinem, ziemlich feinem Sand belud, und damit über die Stelle des mit Wasser gefüllten Canals fuhr, die gedichtet werden sollte. Es kam darauf, den Sand möglichst fein zertheilt über die Oberfläche des Canals auszubreiten, damit die Körnchen einzeln langsam herab sinken und von der Strömung gefaßt und in die Adern gezogen

Pechmann hat hierüber verschiedene Mittheilungen bekannt gemacht, zuerst in der Wiener Bauzeitung 1840 Seite 375

*) *sur l'étanchement des Canaux, Annales des ponts et chaussées* 1840. 398.

werden konnten. Man streute ihn daher, etwa wie beim Säen des Getreides geschieht, aus, wozu man auch einer geeigneten Schaufel sich bediente. Wäre er in grössern Klumpen in das Wasser geworfen, so würden solche, da sie verhältnissmässig weit geringeren Widerstand erfahren, schneller herabgesunken und auf den Boden gefallen sein, ohne von der Strömung gefasst zu werden.

Auch auf dem Caledonischen Canal wurde dasselbe Mittel mit gutem Erfolg angewendet, doch wich man hier in sofern davon ab, als man nicht reinen Sand, sondern ein Gemenge von Sand und etwas Thon benutzte, das gleichfalls fein zertheilt ins Wasser geworfen wurde*). Bei dem Rhein-Rhone-Canal hat man, nachdem durch andre Mittel die Filtration grossentheils beseitigt war, zum Stopfen der feinen noch vorhandenen Adern ein Gemenge von Thon und Sand, und zwar beide in gleichen Theilen, angewendet. Man hatte dieses Gemenge vorher in mässiger Wärme vollständig austrocknen lassen, wobei es in kleine Klümpchen zerfiel. In diesem Zustande wurde es hinabgeworfen, und es soll durch das Aufquellen beim Nafswerden um so sicherer die kleinen Oeffnungen geschlossen haben. Auch auf dem Marne-Rhein-Canal gelang es an solchen Stellen, wo die Filtration nur mässig war, durch eingestreuten ziemlich trocknen, reinen Sand die Adern zu sperren. Das Verfahren war dasselbe, wie beim Canal von Bourgogne, und wenn die Schüttung mehrfach wiederholt war, so zeigten sich die Haltungen als genügend wasserdicht.

Wesentlich verschieden hiervon ist die Methode, sowohl die Sohle des Canals, als auch soweit es nöthig ist, die Dossirungen desselben mit einem Thonschlage zu versehen. Ohne Zweifel ist dieses Verfahren sicherer und erfolgreicher, als jenes, wobei der Thon frei herabgeworfen wird. Nichts desto weniger erfordert auch dieses grosse Vorsicht, wenn es seinen Zweck erfüllen soll.

Zunächst entsteht die Frage, ob man ganz reinen Thon anwenden, oder denselben mit Sand versetzen soll. Das Letztere dürfte den Vorzug verdienen, weil alsdann beim Trockenlegen des Canals weniger die Bildung der Risse und bei der Benetzung weniger ein vollständiges Aufweichen zu besorgen ist. Die Frage stimmt zum Theil mit der bereits früher angeregten überein, näm-

*) *Histoire des travaux du Canal Calédonien par St. Flachet. Paris 1853.*

Welches Material sich am besten zur Füllung eines Fanges eignet, und eben so wie dort einer stark mit Sand vermischten Erde, oder einer gewöhnlichen Ackererde der Vorzug gegeben wurde, so ist auch keineswegs ein besonders fetter Thon zur Ausfüllung eines Canalbettes am meisten geeignet, vielmehr verdient die fruchtbare Ackererde den Vorzug.

Beim Aufbringen dieser Erd- oder Thonschichten verfährt man in verschiedener Weise. Gar zu große Massen auf einmal aufzuschütten, ist gewiß nicht angemessen, man bringt vielmehr Schichten, oder Schaaalen nach einander auf. Jede derselben soll mit der vorhergehenden möglichst innig verbunden werden. Dies ist leichter, wenn beide nass, als wenn sie trocken sind. Wenn aber der Thon sehr nass aufgebracht, so reißt er beim spätern Austrocknen, sobald er der Luft ausgesetzt ist, und verliert dabei seine Dichtigkeit. Verhindert man dagegen sein Austrocknen, und unmittelbar darauf die Canalstrecke mit Wasser an, so giebt die große Masse Feuchtigkeit, die er noch enthält, wieder Veranlassung, daß er eine breiartige Beschaffenheit annimmt. Dieses geschah auf einer sehr undichten Strecke des Canals von St. Quentin. Die Haltung hatte vorher so viel Wasser verloren, daß der Spiegel des Canals dem Tage sich nahe um 4 Fufs senkte. Man gab hier dem Canal eine Mächtigkeit, um des Erfolgs sicher zu sein, die Stärke von 5 Fufs, und zwar eben sowohl auf den Dossirungen wie auf der Sohle. Der Erfolg war auch sehr bedeutend, denn der tägliche Wasserverlust verminderte sich bis auf $2\frac{1}{2}$ Zoll. Dieser günstige Zustand dauerte aber nicht lange, und nach wenig Monaten betrug der Verlust wieder über einen Fufs.

Nach der andern Methode wird der Thon oder die Erde ziemlichschief in Schichten von 2 bis 3 Zoll Stärke aufgebracht, und wird diese mit schweren Schlägeln an. Bevor aber eine neue Schicht darüber geworfen wird, befeuchtet man die untere, und hierbei die Anwendung von Kalkwasser besonders nützlich sein. Auf dieser Weise war eine Stelle des Canals du Centre, wo die Verluste durch Filtration besonders stark waren, behandelt worden. Die Höhe der Decke über der Sohle maafs 2 Fufs, und über den Dossirungen 3 Fufs. Auch hier zeigte sich Anfangs nur eine geringe Filtration, nachdem aber fünf Jahre verflossen, waren die Verluste wieder eben so stark wie früher, und Minard ver-

muthet, daß dieses von dem Austrocknen und der dabei erfolgenden Bildung vieler Spalten herrühre, während der Canal behufs der vorzunehmenden Reparaturen trocken gelegt war.

Beim Rhein-Rhone-Canal zeigte dieselbe Methode, die man Anfangs auch hier versucht hatte, gleichfalls keinen nachhaltigen Erfolg. Derselbe wurde indessen erreicht, als man dem Gemenge von Thon und Sand noch etwa den dritten Theil groben Kies setzte, und außerdem die einzelnen Schichten mit dünn flüssigem Kalk begoß. Man hatte soviel Kalk dabei angewendet, daß auf 80 Cubikfuß Erde etwa 1 Cubikfuß Kalkbrei kam. Die Stärke des Bettes maas nur 1 Fuß, und dasselbe bestand aus 4 Lagen. In die obere Lage wurde noch, um die Wirkung der Schlägel recht erfolgreich zu machen, eine Art Pflaster von kleinen Steinchen gebracht, die indessen so weitläufig gesetzt waren, daß sie sich nirgends unmittelbar berührten. Endlich wandte man noch die Vorsicht an, eine dünne Erdlage darüber zu schütten, damit der so vorbereitete Thonschlag nicht trocknen möchte. Diese Methode wurde nach vielfachen Versuchen etwa auf 15 Meilen Länge zur Ausführung gebracht. Nichts desto weniger schüttete man nach dem Einlassen des Wassers noch ein Gemenge von Thon und Sand darüber, um die feinen Adern vollends zu schließen. Sobald aber wegen nothwendiger Reparaturen die Strecken trocken gelegt werden mußten, wurde jedesmal der Thonschlag auf Neue festgestampft und Erde darüber geworfen.

Vor dem Jahr 1832 oder ehe diese Dichtung ausgeführt war, verschluckte der Canal in der Secunde 234 Cubikfuß, oder jeder Quadratfuß seiner Sohle oder der benetzten Dossirungen täglich ungefähr drei Viertel Cubikfuß, wenn man annimmt, daß die Undichtigkeit überall gleich groß war. Nachdem aber der Thonschlag vollendet, verminderte sich der ganze Verlust in einer Secunde auf 33 Cubikfuß. Man bemerkte indessen, daß die Filtration nach und nach sich wieder verstärkte, wozu vielleicht der Umstand beitrug, daß der Wasserstand behufs Hebung der Schiffahrt von 3 auf $4\frac{1}{2}$ Fuß erhöht wurde.

Wie in diesem Fall geschehn, hat man auch sonst dem Thon groben Kies zugesetzt. So benutzt man z. B. an dem Canal du Centre zu gleichem Zweck eine natürliche Ablagerung, die 30 Pro-

Kies, eben so viel feinen Sand und 40 Procent festen

*) Auch in England wird den Thonwänden meist zugesetzt. Es ist bereits darauf aufmerksam gemacht, anbett beim Trocknen undicht wird, und indem bei Füllung das Wasser die Fugen durchströmt und erhöht die Wirksamkeit auf, und stellt sich auch nicht

Wenn aber große Quantitäten Sand und Steine dem zut sind, so tritt zwar in diesem noch die Entminderung des Volums ein, aber sie ist vergleichungs- anzen Masse viel geringer, und der Querschnitt der Fugen verkleinert sich gleichfalls. Dieser Umstand vortheilhaft, denn durch die engen Fugen kann das langsam hindurch sickern, es greift daher die Wände

erweitert auch nicht die Gänge, die es verfolgt. So- le Masse wieder feucht wird, und der Thon quillt, so theilchen, die aus einander gerissen waren, wieder in Berührung, weil sie keinen Verlust erlitten haben, und Wasserdichtigkeit stellt sich wieder her. Vielleicht darf

annehmen, daß bei der starken Vertheilung des Thons der Verminderung seines Volums in gewissem Grade wird, indem die Kraft, womit die einzelnen kleinen sich zusammen ziehn, nicht genügt, um bei der viel- hrung mit andern Körpern den Bruch herbeizuführen.

England zum Dichten der Canaldämme üblichen Thon- der Puddlewände stimmen mit der beschriebenen sofern überein, als dabei nicht reiner Thon, sondern

von Thon, Sand und Kies benutzt wird. Ein wesent- factum besteht aber darin, daß die Masse nicht im

tem Zustande aufgebracht und durch Schlagen und gepumpt wird, vielmehr ist sie vorher sehr stark mit

etzt, und bildet einen dickflüssigen Brei, der eben da- nige Verbindung aller Theile veranlaßt. Dieser Brei

an, wenn er der unmittelbaren Berührung des Wassers täre, sich leicht wieder erweichen und jedenfalls beim

trocknen zerreißen, aber eine Eigenthümlichkeit der

Englichen Methode besteht noch darin, daß der Puddle jederzeit zwischen festgestampften Erdschichten eingeschlossen und von denselben bedeckt wird.

Was die Wahl des hierbei zu verwendenden Materials betrifft, so wird allgemein anerkannt, daß sehr fetter Thon hierzu nicht geeignet ist, vielmehr nur ein solcher benutzt werden darf, der stark mit Sand versetzt ist. Auch hält man die Beimengung von Ackererde nicht für nachtheilig, und wählt häufig eine solche, vorausgesetzt, daß sie im angemessenen Verhältniß Sand und Thon enthält. Um sich aber hiervon zu überzeugen, begnügt man sich damit, die Erde im Zustande der natürlichen Feuchtigkeit, oder auch wohl, nachdem man sie in einen dünnen Brei verwandelt hat, zwischen den Fingern zu reiben, und darnach die Brauchbarkeit des Gemenges und den etwa erforderlichen Zusatz zu beurtheilen. Es darf kaum erwähnt werden, daß diese Probe ziemlich unsicher ist, wiewohl längere Uebung allerdings ihr einen gewissen Grad von Genauigkeit geben kann. Im Allgemeinen darf man wohl annehmen, daß der Antheil an Sand stets größer, als der an reinem Thon sein muß.

Die Zubereitung des Thonbreies, den man Puddle nennt, erfolgt in gleicher Weise, wie Mörtel angemacht wird. Indem man aber gemeinhin sehr große Massen gebraucht, so müssen die Vorbereitungen in entsprechender Weise getroffen sein. Die für geeignet erachtete Erde mit dem etwa erforderlichen Zusatz an Sand oder Thon wird auf einem hölzernen Boden, und zuweilen in einem hölzernen Kasten ausgebreitet, mit dem nöthigen Wasser übergossen und so lange durchgearbeitet, bis ein ganz gleichmäßiger Brei gebildet ist. Will man Kies oder kleine Steine zusetzen, so geschieht dieses sogleich bei der Zubereitung des Gemenges, und unmittelbar darauf wird dasselbe in Handkarren verfahren und mit der Schippe so ausgeworfen, daß die Lagen, die wegen des starken Wassergehalts sich innig verbinden, ungefähr gleich dick werden.

Kommt es darauf an, den Canal mit einer Puddelage unter der Sohle zu versehn, wie Fig. 364 zeigt, so wird vorher das Bett und die Dossirungen bis zur Sohle dieser Schüttung vollständig vorbereitet, auch durch Abrammen gehörig gedichtet. Die Lage wird alsdann etwa in der Stärke von 8 Zoll aufgebracht. Eine zweite Lage kommt nicht früher darüber, als bis die erste etwas steif ge-

ist, und vielfach folgt noch eine dritte und vierte. Die Stärke des Puddlebetts misst nach Umständen $1\frac{1}{2}$ bis 3 Fufs. Wenn dasselbe einigermaßen abgetrocknet ist, bringt man wieder, wie die Figur zeigt, die Lagen gewöhnlicher Erde darüber, und schlägt diese durch Abräumen.

Wenn dagegen, wie in Fig. 365 dargestellt ist, die Canäle gegen Filtration gesichert werden sollen, so pflegt man mit Puddlewänden bis in den gewachsenen Boden herabzugehen, als sie noch einige Fufs tief darin eingreifen. Zu diesem Zweck hebt man, bevor die Anschüttung beginnt, einen Graben möglichst steilen Wänden aus, und füllt denselben mit der zu setzten Masse in verschiedenen Lagen an. Alsdann beginnt man die Anschüttung zu beiden Seiten des Grabens, sorgt aber dafür, daß in diesen die trockne Aufragerde nicht hineinfällt, weil dadurch der Zusammenhang der Thonwand unterbrochen, und zur Bildung von Wasseradern Veranlassung gegeben würde. Am passendsten dürfte es sein, zu beiden Seiten des Grabens Bretter aufzustellen, und gegenseitig abzusteißen. Sobald man aber eine Erdschicht aufgebracht hat, so wird die Thonwand eben so hoch durch eine Schicht von Puddle erhöht. Die Bretter, welche nunmehr überflüssig sind, werden sogleich beseitigt, und die Erdschicht angerammt, wodurch ihr genauer Anschluß an die Thonwand gesichert wird. Auf diese Art bleibt die Thonwand stets in gleicher Höhe mit dem Erddamm. Dagegen verfährt man zuweilen auch auf einer andern Weise, indem man zuerst den Erddamm vollständig aufschüttet, und nachdem die einzelnen Schichten wie gewöhnlich abgerammt worden, hebt man darin den Graben für die Thonwand aus, um eine zu starke Verbreitung wegen der Böschungen zu vermeiden, steift man ihn, so weit es nöthig ist, leicht ab, und füllt ihn dann wieder lagenweise mit dem Thonbrei an. Dieses Verfahren ist indessen wohl nur anwendbar, wenn der Canaldamm eine bedeutende Höhe hat. Die Figuren 368, 369 und 372 zeigen Thonwände von grösserer Stärke, zum Theil in den Abschlüssen der Speise-Reservoirs.

Noch verdient Erwähnung, daß man bei dem Abschlusdamm eines sogenannten Bann-Reservoir in der Nähe von Dublin auch benützt hat, um die Bildung von Wasseradern zu verhindern. Der Damm ist 45 Fufs hoch, und in der Mitte desselben befindet

sich eine Puddlewand, die unten 12, oben 8 Fufs stark ist derselben, nämlich auf der dem Reservoir zugekehrten Seite findet sich die Torfwand von 3 Fufs Stärke. Sie besteht regelmäfsig gestochenen, sehr kleinen und ganz ausgetrockneten Torfstücken, die man vorsichtig verpackt und alsdann schichtweise festgerammt hat. Der Zweck derselben ist, dafs sie Zutreten der Feuchtigkeit quellen und dadurch einen wasserdichten Schlufs bilden sollen.*) Dafs man bei demselben Damm den auch als Unterlager für den Kies benutzt hat, worauf das Pflaster ausgeführt worden, ist bereits oben erwähnt (§. 85).

Wenn der Canal in einem klüftigen Felsboden liegt, führt ist, wobei die Wasserverluste sehr bedeutend zu sein pflegen, so ist die Anwendung eines Thonbetts von wenig Erfolg, dasselbe sich mit dem Untergrunde nicht verbindet. In diesem Fall ist es angemessener, eine vollständige Uebermauerung der Canalsohle vorzunehmen, wofür man jedoch gemeinhin eine Beschüttung wählt. Dieses Mittel wird auch angewendet, wenn sehr grober Kies den Untergrund bildet. An dem Rhein-Canal hat man von diesem Mittel nur in den Fällen Gebrauch gemacht, wenn bei höherem Stande des Rheins das Grundwasser sich über den Horizont der Canalsohle erhebt, wo also bei der oben beschriebenen Dichtung zu besorgen war, dafs die Filtration in verkehrter Richtung, nämlich von unten nach oben eintreten und das Thonbett heben und zerbrechen könnte.

Diese Umstände machten bei der Ausführung des Betonbetts grofse Vorsicht nothwendig. Wenn nämlich, nachdem der Beton geschüttet, aber noch nicht erhärtet war, ein hoher Wasserstand eintrat, so durchdrangen die Quellen den noch weichen Beton. Und selbst hiervon abgesehen, war zu besorgen, dafs bei einer Aenderung des Grundwassers ein Druck von der einen oder andern Seite entstehn, und zur Bildung von Wasseradern Veranlassung geben könnte. Um dieses zu verhindern, stellte man geöfnete Verbindungen zwischen dem Canal und dem Grundwasser dar, indem man Tonnen ohne Boden in die Canalsohle einbaute, deren oberer Rand mit der beabsichtigten Höhe des Betonbetts übereinstimmte. Hierdurch konnte das Wasser im Canal sich

*) *Weale's quarterly Papers on Engineering.* Vol. IV. Part. I.

Grundwasser ins Niveau stellen, und nachdem der Béton einigermaßen erhärtet war, und sonach ein schwächerer nicht mehr nachtheilig wirken konnte, so schloß man die mit Klappen und füllte den Canal mit Wasser an. Traf alsdann, daß das Grundwasser in Folge der Fluthen des sich hob, und den Wasserstand im Canal übertraf, so schloß die erwähnten Klappen auf, und der Druck gegen das Bett verschwand, der dasselbe bei dessen großer Breite und Stärke hätte zerbrechen können.

Dieselben Methoden wurden auch, und zwar in größerer Ausdehnung bei dem Marne-Rhein Canal in Anwendung gebracht. Der Canal durchschneidet ein klüftiges Kalkgebirge, in welchem sich Klüfte von 4 Zoll und mehr, zuweilen sogar von 19 Zoll Weite vorfinden. Diese wurden zunächst mit Béton gedichtet, und darauf der Sohle $7\frac{1}{2}$ Zoll starke, und auf den Dossirungen, wo sie benetzt werden, etwas schwächere Bétonlagen ausgelegt.

Um aber die Fugen zu schließen, welche in diesen vielen Fällen beim Erhärten sich bildeten, verputzte man sie noch 9 Linien mit hydraulischem Mörtel. Auch wurden, wo es nöthig war, gemauerte Canäle die Verbindung mit dem Grundwasser hergestellt. Diese traten indessen nur in Wirksamkeit, wenn der Druck des letztern so stark wurde, daß er die dicht unter dem Wasserspiegel in den Dossirungen befindlichen Klappen öffnete.

Die ersten Anwendungen des Betons zu solchem Zweck wurden beim Bau des Canals St. Martin in Paris gemacht. Obwohl man vorher durch Bohrungen, und soweit es möglich war, durch sonstige Untersuchungen sich von der Beschaffenheit des Grundes die nöthige Kenntniß zu verschaffen bemüht hatte, ereignete sich bei der Ausführung dennoch ein ganz unerwarteter Fall, der die größte Vorsicht in Anspruch nahm und die Kosten sehr bedeutend vermehrte. Man war nämlich, obwohl man in den Ringmauern der Stadt befand, wo viele große und alte Gebäude standen, an einen alten Gypsbruch gekommen, der seit Jahrhunderten ausgedehnte Galerien unter den jetzigen Straßen und Häusern bildete. Beim Ausgraben des Canals entdeckte man plötzlich den leeren Raum in der Tiefe. Nachdem durch Bohrungen, die nunmehr sehr zahlreich vorgenommen wurden, sich von der Lage der Galerien vollständige Kenntniß

verschafft hatte, eröffnete man dieselben überall, wo sie zugänglich waren, füllte sie mit dem gewonnenen Material an, alsdann die Oeffnungen zu, und überdeckte die Canals einem Bétonbett von etwas über 1 Fuß Stärke. Ind jedoch mit Recht besorgte, daß der Béton leiden könnte, bei den jährlich zu erwartenden Reparaturen trocken gelegt so brachte man über dem Béton noch eine Erdschüttung:

Eine solche Ueberdeckung des Bétonbettes mit 1 zur Sicherung desselben nothwendig und fehlt auch nicht in den neuern Französischen Canälen macht man die Ueberdeckung 10 Zoll stark. Dieselbe liegt auf der horizontalen Sohle sicher, von den Dossirungen fällt sie indessen leicht herab, man in der Kehle zwischen der Sohle und der Dossirung ein Prisma aus Béton vortreten läßt, dessen äußerer Rand mit der Oberfläche der Erdschüttung reicht. Dieses Mittel ist auch beim Rhein-Rhone-Canal angewendet worden.

Es muß hier noch erwähnt werden, daß Canalstrecken mit einem Bétonbett auf der Sohle und mit Mauern an den Seiten versehen sind, durch Filtration sehr wenig Wasser verloren. Minard führt in dieser Beziehung eine Strecke des Canal du Centre als Beispiel an, in welcher der Wasserstand, von den Zuflüssen und Abflüssen von den angrenzenden Strecken abgeschnitten waren, nur von der Witterung abhing. Bei trockener warmer Witterung senkte sich der Wasserspiegel, nach Maß der Verdunstung, hob sich aber, sobald es regnete. Deshalb trat indessen nur ein, nachdem die Mauern angebracht waren, was jedoch immer in sehr kurzer Zeit nach der Regen geschah.

Endlich wäre zu erwähnen, daß man sich in neuerer Zeit auch des Asphalts zur Verhinderung der Filtration bedient. Dieses geschieht indessen nicht in den Canalstrecken, die im natürlichen Boden eingeschnitten, oder zwischen Dämmen durchgeführt sind, vielmehr allein in den Brückencanälen, also nur im Fall, wo die Sohle und die Seitenwände vollständige Linien bilden.

§. 89.

Unterirdische Canalstrecken.

Wenn das Terrain über den Wasserspiegel des Canals sich mehr erhebt, so kommt man zu einer gewissen Grenze, von der ab es vortheilhafter ist, den Canal unterirdisch zu führen, den tiefen Einschnitt noch weiter fortzusetzen. Wollte man diese Grenze nur nach der zu beseitigenden Erd- und Steinmasse annehmen, so würde sie schon einer sehr mässigen Terrainhöhe entsprechen. Diese Ansicht bestätigt sich noch, wenn man die Kosten berücksichtigt, denen die Böschungen der tiefern Einschnitte ausgesetzt sind, auch ist es häufig ein wesentlicher Vortheil, wenn die Oberfläche des Bodens unverändert in der bisherigen Form benutzt werden kann, während man sie in grösser Breite, nämlich für die beiderseitigen Dossirungen ankaufen und abgraben kann, wenn man einen offenen Einschnitt darstellen will. Andererseits treten aber auch der Anlage der unterirdischen Canalstrecke manche Schwierigkeiten entgegen, die im Allgemeinen grösser sind, deren Ueberwindung sehr bedeutende Kosten veranlasst. Man überwindet daher Anhöhen bis 60 Fufs noch durch offene Einschnitte zu übersteigen, und häufig wählt man diese selbst bei noch grösserer Höhe.

Diese Schwierigkeiten beziehen sich theils auf den sehr beschränkten Raum, in welchem das Ausgraben der Erde, oder das Sprengen und selbst das Sprengen des Gesteins vorgenommen werden und worin zugleich das Fortschaffen des gelösten Materials und das Ausschöpfen des Wassers erfolgen muss. Demnächst kommt man selten ein Gestein, welches so fest ist, dass ein späteres Einstürzen und Abstürzen grösserer Massen nicht zu besorgen wäre, welches daher keiner Bekleidung und Unterstützung bedürfte. Wenn diese aber nöthig wird, so verursacht deren Ausführung, die Ueberwölbung des Canals neue und sehr grosse Schwierigkeiten. Hierzu kommt, dass man in ganz losem Gestein und in sehr weichen Boden schon während der Ausführung die Decke der Wände sichern, und in einer Weise absteifen muss, dass die übrigen Arbeiten dadurch nicht verhindert und namentlich die

Erd- und Materialtransporte nicht unterbrochen werden. man vollends einen stark durchnässten Boden antrifft und tendende Quellen sich in den Stollen ergießen, so steigert die Verlegenheit oft übermächtig, und es giebt Beispiele, daß in diesem Grunde angefangene Arbeiten unbeendet lassen und aufgeben mußte. Jedenfalls hat aber der erleichterte Abfluß des Wassers aus dem Boden eine starke Senkung des Grundwassers zur Folge, welche auf die Nutzbarkeit der darüberliegenden Flächen einen höchst nachtheiligen Einfluß äußern kann. Uebelstand tritt zwar auch bei offenen Einschnitten ein, doch in geringerem Maasse, weil die Flächen, die dabei leiden, weiter liegen, also entfernter sind und die Wirkung deshalb geringer. Durch die Ausführung der längern unterirdischen Strecke in St. Quentin wurde das Grundwasser etwa 20 Fuß tief gesenkt, wodurch in nahe liegenden Dörfern nicht nur eine große Vertheuerung wegen der sehr erschwerten Beschaffung des Wassers beigebracht, sondern der Boden wurde auch so trocken, daß die Culturfähigkeit, die schon früher nur mäßig war, fast aufhörte.

Wenn aber die Schwierigkeiten der Ausführung überwunden und der unterirdische Canal vollendet ist, so ist auch dessen Benutzung sehr unbequem und mit manchen Beschwerden verbunden. In vielen Fällen sind letztere sehr groß und es treten sogar erhebliche Gefahren hinzu. Selbst kürzere Strecken etwa von 100 Fuß Länge sind, sobald man aus dem vollen Tageslichte hineingeht, ganz dunkel. Menschen, wie Pferde, gehen daher auf dem Pfade viel unsicherer, als neben offenen Canälen, und doch erfordert der Zug der Schiffe daselbst eine größere Anstrengung, weil der Canal stark beengt, um dem Gewölbe oder auch der hängenden Decke des natürlichen Felsbodens keine zu weite Spalte zu geben. Dabei träufelt fast immer die Erdfeuchtigkeit von der Decke und das Gewölbe herab und macht den Pfad schlüpfrig. Ein heftiger Wind stellt sich darin oft, bald aus einem und bald in der andern Richtung ein, so daß ein Licht in einer wohl verschlossnen Laterne brennt. In der längern unterirdischen Strecke des Canals von St. Quentin war der Wind so heftig, daß er die Schiffe zurücktrieb, und dieselben in die Richtung nicht fortgeschafft werden konnten. Diesem Uebel-

sich nur dadurch vorbeugen, daß man ein großes hölzernes Gerüst einrichtete, welches an Gegengewichten hängend, von oben herab gelassen wird, während Schiffe den Canal befahren. Zum Befahren der Schiffe haben diese Strecken niemals die erforderliche Breite, woher man in einigen Canälen in England, die sehr viel benutzt werden, zwei unterirdische Strecken parallel neben einander eingerichtet hat. Endlich ist auch die feuchte und stickige Luft, besonders in heißen Tagen, der Gesundheit nachtheilig, das vielfache Echo macht jeden Zuruf des Schiffers an die Fährherren und die Schiffsknechte unverständlich.

Alle diese Umstände und besonders die Schwierigkeiten der Führung sind Veranlassung, daß man allgemein bei Aufstellung von Canalprojecten sich bemüht, die unterirdischen Strecken, wenn es sein kann, ganz zu vermeiden, oder wenn dieses gar zu unthunlich ist, ihre Ausdehnung auf das geringste Maas zu beschränken.

Bei Bestimmung des Profils für eine unterirdische Strecke muß man vorzugsweise darauf Bedacht nehmen, die Weite derselben möglichst zu ermäßigen, ohne jedoch den Durchgang der Schiffe zu sehr zu erschweren oder gar zu unbequem zu machen. In einem tiefen Einschnitt werden die Kosten nur in geringem Maße gesteigert, wenn man den Canal selbst, oder die Leinpfade nur verbreitert. Sie sind nicht dieser Verbreitung proportional, sondern die Darstellung der beiderseitigen Dossirungen, die von der Höhe ganz unabhängig sind, überwiegenden Einfluß auf die Kosten der ganzen Ausgrabung haben. Bei einer unterirdischen Canalstrecke dagegen vermehrt sich die Masse des auszubrechenden Materials nur für den untern Theil des Profils im Verhältniß zur Breite, für den obern Theil dagegen, der durch eine gewisse Kurve begrenzt wird, ist dieselbe dem Quadrat der Breite proportional. Die zu fördernde Erd- oder Steinmasse entspricht aber wieder nur den ganzen Anlagekosten, weil die Beseitigung jener und besonders die Sicherung der Decke und Seitenwände um so schwieriger wird, wenn die Breite größer ist.

Auf diesem Grunde beschränkt man das eigentliche Canalbette gewöhnlich so weit, daß nur ein Schiff darin fahren kann, also ein Zusammenzweigen zweier Schiffe in der unterirdischen Strecke nicht stattfinden darf. Nichts desto weniger ist es nicht zulässig, diese Be-

schränkung so weit zu treiben, daß der eintauchende Theil des beladenen Schiffs beinahe das ganze Profil sperrt, weil sonst der Widerstand übermächtig groß werden würde. Man pflegt daher die Breite des Canals um den vierten bis dritten Theil größer annehmen, als die der Schiffe, so daß auf jeder Seite zwischen dem Bord des Schiffs und der Canalwand noch ein Raum von 2 bis 3 Fuß Breite frei bleibt. Diese Vermehrung der Breite läßt sich aber zum Theil wieder dadurch aufheben, daß man die Leinpfade überkragt, wie am Marne-Rhein-Canal geschehn ist. Die Figuren 375 und 376 auf Taf. LIV zeigen das für diesen Canal in den unterirdischen Strecken gewählte Profil.

Im Canal Saint-Quentin hat man in andrer Weise das Profil zu vergrößern gesucht. In dem kleinern Souterrain ruhen nämlich die Leinpfade zu beiden Seiten auf Pfeilern von 18 Zoll Stärke, die übereinstimmend mit den Leinpfaden 4 Fuß weit vorspringen. Ueber dieselben sind flache Bogen gespannt, welche die Leinpfade bilden. Ihr gegenseitiger Abstand mißt 22 Fuß. Obwohl die Seitenwände des Canalbetts bis zur Höhe der Leinpfade stark geböscht sind, so bleiben zwischen diesen Pfeilern doch bedeutende mit Wasser angefüllte Räume oder Nischen, die, wenn sie unter sich auch nicht in Verbindung stehn, dennoch die Circulation des Wassers während des Durchgangs eines Schiffs etwas erleichtern.

Anders verhält es sich mit dem größern, drei Viertel deutsche Meilen langen Souterrain desselben Canals, das in einem sehr rohen Zustande, und eigentlich ganz unfertig der Schiffahrt übergeben, und erst 20 Jahre später einigermaßen vollendet wurde. Das Bett ist darin nur $16\frac{1}{2}$ Fuß breit, es ist ungefähr auf die Weite der Schleusenhäupter beschränkt. Zu jeder Seite liegt ein 4,4 Fuß breiter Leinpfad. Diese waren, als ich sie 1823 sah, weder zur Seite mit Geländern versehen, noch mit festen Steinen abgedeckt, sie bestanden vielmehr nur aus dem natürlichen Kreidefelsen, den man zu diesem Zweck hatte stehn lassen, und der Theils stark ausgebrochen, und zwar größtentheils nach dem Canal geneigt, und Theils von dem darauf tröpfelnden Wasser sehr schlüpfrig war. Das Begehn desselben war bei der vollkommenen Dunkelheit überaus gefährlich. Um den Widerstand der hindurchgehenden Schiffe zu mäßigen, und dem Wasser Gelegenheit zum Vorbeifließen zu geben, hatte man in der Sohle eine 4 Fuß tiefe Rinne eingesprengt,

ren Breite etwa 10 Fufs betrug. Dieselbe hatte ursprünglich den Zweck, die starken Quellen abzuleiten, die man während der Ausführung antraf, und die auf der horizontalen Sohle nicht ablassen. Man gab der letztern daher nach beiden Enden ein stärkeres Gefälle, und hieraus bildete sich dieser Graben. Später sollte man, wie bei manchen Englischen Canälen geschehn, das Profil dadurch erweitern, dafs die massiven Leinpfade beseitigt und für Ueberbrückungen, auf Pfeilern ausgeführt wurden. Diese Verbesserung war indessen so kostbar, dafs man nach den ersten Versuchen davon wieder abstand.

Bei dieser längern Strecke trat noch ein andrer Uebelstand ein. Während des Winters froh nämlich die Kreide über dem Canal stark aus und stürzte in großen Massen herab, woher man sich gezwungen sah, die Schachte, durch welche beim Bau des Canals das gelöste Gestein ausgehoben war, und die später als Licht- und Luftschachte dienen sollten, vollständig zu schliessen, so dafs die 1505 Ruthen lange Strecke nur an beiden Enden mit der äufsern Luft in Verbindung blieb. Bei eintretendem Frost werden aber auch diese Oeffnungen durch Thore geschlossen, um die kalte Luft nicht eindringen zu lassen.

Dieser Uebelstände unerachtet fand hier dennoch eine frequente Schifffahrt statt, die sich vorzugsweise auf die Zufuhr belgischer Kohlen bezog. Die Schiffe, welche 200 Tons luden, waren nur 4 Fufs breit und gingen wenig über 4 Fufs tief, während der Wasserstand 5 Fufs 3 Zoll maafs. Sie liefsen also reichlichen Raum für das zurückfliessende Wasser. Eine besondere Innung von Treidlern brachte die Schiffe einzeln durch die Strecke hindurch, wobei die Seitenwände beider Leinpfade benutzt wurden. Der Durchgang erfolgte in 6 bis 7 Stunden.

Als die Eisenbahnen hier eröffnet wurden, ging bald ein großer Theil der Kohlen auf diese über, und um den Canal nicht ganz unbenutzt zu lassen, wurde die Schifffahrt wesentlich verändert. Die Schiffe mußten nahe um 1 Fufs tiefer befrachtet werden, während auch der Wasserstand auf 6 Fufs 4 Zoll erhöht wurde. Auch gab man den Schiffen eine grössere Breite, nämlich von 16 Fufs, woher an beiden Seiten nur 3 Zoll Spielraum blieben, so die Setzelle beinahe das ganze Profil einnahmen. Sie luden nunmehr 275 Tons. Hierzu kam noch, dafs ein Begegnen in der

Strecke unmöglich war, die Schiffe also an gewissen Stunden in einer Richtung, und dann wieder in der entgegengesetzten fahren mußten. Vor dem Eingange sammelten sich daher zahlreiche Schiffe an, und man versuchte nun, bis zehn Schiffe unmittelbar hinter einander durch zu ziehn, um die kurze Durchgangszeit möglichst zu benutzen. Dabei trat eine eigenthümliche Bewegung im Wasser ein. Dasselbe hob sich nämlich vor den Schiffen sehr merklich und zwar bis ans andre Ende der beengten Strecke. Sobald die Fluthwelle hier angelangt war, ging sie wieder zurück, und verursachte alsdann eine so heftige Rückströmung, daß die Schiffe nicht mehr fortgezogen und kaum noch gehalten werden konnten. Es trat also eine Pause ein, die so lange ausgedehnt werden mußte, bis die Rückströmung aufgehört hatte. Die Durchführung der Schiffe dauerte dabei 16 bis 18 Stunden.

Mit einem Dampfschiff, das als Schlepper dienen sollte, wurde nunmehr der Versuch gemacht, aber nach dem einmaligen Durchgange desselben füllte der Rauch die Strecke während zwei Tagen so vollständig, daß dadurch eine Sperrung veranlaßt wurde, und selbst am dritten Tage die Treidler noch erkrankten.

Ein andrer Versuch, nämlich durch Pferde den Leinenzug zu bewirken, fiel eben so ungünstig aus. Dabei war die auffallende Anordnung getroffen, daß die Brustlehnen, die bei der Beschaffenheit der Leinpfade allerdings unentbehrlich waren, sich an den Schiffen befanden, also beim Fortgange der letztern mit den dadurch geschützten Pferden zugleich vorrückten. Es bildeten sich auch in diesem Fall wieder dieselben Fluthwellen, wie beim Ziehn durch Menschen, und die Pferde mußten dieselben Pausen machen, woher der Durchgang noch 13 Stunden erfordert.

Endlich wurde von Quaneaux der Vorschlag gemacht, das Warpen (§. 58) mit der Aenderung einzuführen, daß die Kette nicht durch eine Dampfmaschine, sondern durch einen Pferdegöpel auf einem besondern Schiff aufgewunden würde. Diese Art der Förderung ist seitdem eingeführt. Die Leinpfade wurden dabei entbehrlich und einer derselben ist beseitigt, wodurch das Profil sich wesentlich erweitert hat. Das Warpschiff, 57 Fuß lang und 16 Fuß breit, trägt einen Göpel für acht Pferde, der aber nach Umständen mit weniger, zuweilen sogar nur mit zwei Pferden be-

ist wird. Hierdurch werden nunmehr 30 bis 40 Schiffe zugleich 24 Stunden hindurchgezogen *)

Bei Ausführung des Chirk-Canals in England beseitigte Telford die starke Verengung des Profils dadurch, daß er den Raum unter dem Leinpfade frei liefs, also hier das Wasser zurückfliefsen liefs, während die Schiffe nahe die ganze Breite des übrigen Canals einnehmen. Die Breite des Canals mißt 14 Fufs, und das Gefälle auf den Leinpfad 5 Fufs. Die ganze Construction ist aus Holz, aber die Unterstüttzung des Leinpfads ist den Holzverbindungen nachgebildet. Auf der Sohle des Canals, die aus einem umgekehrten Gewölbe besteht, sind in Abständen von 6 Fufs 6 Säulen aufgestellt, und diese sind theils durch steinerne Pfeiler unter sich, theils durch eben solche mit dem Mauerwerk zur Seite verbunden. Hieruber liegen Steinplatten, die noch durch eine leichte Ueberdeckung aus geschlagenen Steinen geschutzt sind.

Die Widerlager oder Seitenmauern dieses Canals sind weder aufgeführt noch von dem eigentlichen Gewölbe scharf getrennt, vielmehr erstreckt sich ein Gewölbe von eiförmiger Gestalt über die ganze Profil-Oeffnung, und schliefst dieselbe vollstndlich ab.

Man rechtfertigt sich wohl die Frage, ob in den unterirdischen Canalstrecken Leinpfade überhaupt nothwendig, und wie dieselben am passendsten einzurichten sind. Als unentbehrlich kann man sie nicht bezeichnen, da sie bei manchen Canälen wirklich vorhanden sind, und bei andern, wo sie eingerichtet sind, dennoch nicht benutzt werden. Durch das längere Souterrain von St. Quentin sah man im Jahr 1823 die Schiffe in der Art hindurchschieben, dafs die Mannen sich flach auf das Schiff legten, so dafs ihre Füsse die Bord reichten und die senkrechten Canalwnde vor den Leinpfaden berührten. Indem sie mit den Füssen, und zwar an beiden Enden des Schiffes gleichmässig rückwärts stiessen, so drängten sie das Schiff vorwärts. Bald wurde ihre Bewegung ganz regelmässig, sie setzten die Füsse in gleicher Weise vor, und stützten sich so auf dieselben, als wenn sie eine schwere Last zgen.

*) *Mémoire sur le tonnage dans les souterrains du Canal Saint-Quentin*
des ponts et chaussées 1863 II. pag 323

Etwas verschieden ist die Art, wie die Schiffe durch die unterirdischen Strecken des Bridgewater-Canals geschoben werden. Dasselbst befinden sich keine Leinpfade, und die gewölbte Decke liegt nur wenige Fuss über dem Wasserspiegel. Ein Arbeiter legt sich auf den Rücken, und zwar in der Richtung der Bewegung des Schiffes. Er hebt alsdann die Füße auf, so daß er dieselben gegen das Gewölbe stützen kann, und schreitet nun auf der untern Fläche des letztern vor, wobei er das Schiff mit dem Rücken fortdrängt.

In andern unterirdischen Canalstrecken hat man statt der Leinpfade in angemessener Höhe vor beiden Seitenwänden, oder unter der Decke eiserne Handlehnen, oder auch wohl starke Taue angebracht, die an Ringen befestigt sind. Die Schiffer fassen diese Stangen oder Taue und ziehn daran das Schiff vorwärts.

Auf dem Regents-Canal in London hat man schon seit geraumer Zeit das Warpen eingeführt, nachdem bei dem gesteigerten Verkehr das zuletzt beschriebene Durchziehn an Tauen gar zu zeitraubend geworden war. Auf der Sohle des Canals liegt eine starke eiserne Kette, die in zwei geneigten Röhren durch den Boden des Schleppschiffes nach einer horizontalen Trommel in der Mitte derselben geleitet und mehrmals darum geschlungen ist. Indem letztere von einer kleinen Dampfmaschine von sechs Pferdekraften in der einen oder der andern Richtung bewegt wird, so zieht sie das Schleppschiff mit den angehängten Canalböten ziemlich rasch hindurch.

Die üblichste Methode zum Durchführen der Schiffe ist indessen der gewöhnliche Leinenzug. Damit dieser aber sicher und ohne zu große Beschwerde ausgeübt werden kann, darf der Leinpfad nicht gar zu schmal sein. Man kann ihm freilich nicht dieselbe Breite wie neben offenen Canalstrecken geben, aber das Pferd muß doch bequem und sicher darauf gehn können. Hierzu ist mindestens die Breite von 5 Fuss erforderlich. Auch wenn der Leinenzug nicht durch Pferde, sondern durch Menschen ausgeübt wird, kann man die Breite des Pfades nicht füglich geringer annehmen. Zur vollständigen Beseitigung der Gefahr ist es aber in beiden Fällen noch nothwendig, wie in England auch meist geschehn ist, ein leichtes Geländer von 3 Fuss Höhe vor dem Leinpfade anzubringen. Wenn dasselbe auch nicht so stark ist, daß es bei heftigem Gegenstoßen des Pferdes nicht durchbrechen kann, so ist dennoch für

die Sicherheit schon viel gewonnen, sobald es die zu große Annäherung des Pferdes an den Rand des Leinpfades verhindert. Es besteht aus eisernen verstreuten Stielen, die durch einen hölzernen oder eisernen Rahm verbunden und überdeckt sind. Auf letzterm schließt die Leine, und er muß daher eben und gehörig geglättet sein, damit die Leine weder irgendwo aufgehalten, noch auch stark abgerieben wird.

Eine andre Frage in Betreff des Leinpfades bezieht sich darauf, ob man nur einen anbringen darf, oder ob zwei derselben nothwendig sind. Das letztere ist entbehrlich, insofern ein Begegnen von zwei Fahrzeugen in der unterirdischen Strecke nicht stattfinden kann. Wenn aber der Leinpfad vor dem einen Ufer an beiden Enden des Souterrains abbricht, so muß jedenfalls für einen bequemen Uebergang der Pferde gesorgt werden, und dieses ist leicht, insofern der Anfang des Gewölbes, unmittelbar neben der Stirnwand, die Brücke bildet.

Was endlich die Form und Höhe des Gewölbes oder der natürlichen Ueberdeckung des Canals und Leinpfades betrifft, so pflegt man bei den neuern Anlagen dieser Art immer dafür zu sorgen, daß nicht nur über dem Schiffe, sondern auch über dem Leinpfade soviel Raum bleibt, daß weder Menschen noch Thiere gegen die Decke stoßen. Gemeinhin führt man die Seitenwände noch einige Fuß hoch über den Leinpfad senkrecht herauf, ehe das Gewölbe beginnt. Wenn man aber, wie in England oft geschieht, die Widerlager von dem Gewölbe nicht trennt, sondern von der Sohle des Canals einen eiförmigen oder elliptischen Bogen beginnen läßt, der ohne Unterbrechung das ganze Profil einschließt, und auf der andern Seite wieder eben so tief herabreicht, so pflegt der Theil des Bogens, dessen Tangente die lothrechte Linie ist, oder der den größten horizontalen Durchmesser begrenzt, einige Fuß hoch über dem Leinpfade zu liegen. Die letzte Anordnung des Bogens gewährt den Vortheil, daß auch die Seitenwände gegen ein mögliches Eindringen gesichert werden. In einzelnen Fällen, wie z. B. in dem Souterrain bei Blisworth auf dem Grand-Junction-Canal, hat man sogar das Gewölbe, welches die Sohle überdeckt, mit dem obern Bogen verbunden, und sonach ein ganz geschlossnes Gewölbe dargestellt, dessen Profil eine vollständige Ellipse bildet. Dasselbe stimmt sonach, wenn man von den größern Dimensionen absieht,

mit dem Fig. 114 b auf Taf. IX im ersten Theil dieses Handbuchs dargestellten Abzugs-Canal überein.

Bei französischen Canälen ist es üblich, die Gewölbe über den Souterrains als gewöhnliche Tonnengewölbe aufzuführen, die volle Halbkreise im Profil darstellen. In England weicht man hiervon gemeinhin ab, und wählt dafür elliptische oder andre Bogenformen. Der Thames-Medway-Canal ist aber mit einem Gewölbe überdeckt, dessen Querschnitt einen Spitzbogen darstellt. Diese allerdings auffallende Anordnung dürfte sich rechtfertigen, insofern andre Bogenformen unter dem starken Erddruck sich gerade in dem Scheitel oft verändern und eingedrückt werden. Ein zweiter Grund dafür ist aber die Erfahrung, daß bei Durchbrechung eines festen Gesteins, das sich fortwährend oder wenigstens anfangs frei trägt, eine ähnliche Form sich von selbst darzustellen pflegt. Die Form des Spitzbogens ist aber bei hoher Uebermauerung vollständig begründet, wenn der Scheitelpunkt des Gewölbes einem überwiegend starken Druck ausgesetzt ist. *)

Bei besonders lebhaftem Verkehr hat man zuweilen zwei unterirdische Strecken neben einander ausgeführt, die in entgegengesetzter Richtung durchfahren werden, wobei also ein Schiff nicht die Ankunft des entgegenkommenden abwarten darf. Diese Anordnung ist auch weniger kostspielig in Betreff der Masse des zu beseitigenden Bodens, als ein Souterrain von doppelter Breite sein würde. Man muß indessen alsdann der Zwischenwand hinreichende Stärke lassen. In dem Grand-Trunk-Canal ist sie 10 Fuß stark, und Minard erwähnt, wie in einem ähnlichen Fall das natürliche Gestein nicht die erwartete Festigkeit besaß und zerdrückt wurde.

Die Ausführung unterirdischer Canalstrecken gehört mehr zum Bergbau, als zum Wasserbau, woher die specielle Beschreibung derselben hier übergangen werden kann. Es mögen demnach nur einige Andeutungen hierüber, und zwar für aufgeschwemmten Boden gegeben werden, während die Einzelheiten der Ausführung vielfach in Zeitschriften und besondern Werken eingehend behandelt sind. **)

*) G. Hagen, über Form und Stärke gewölbter Bogen und Kuppeln. Berlin. 1874. § 10.

**) Vorzugsweise ist als solches zu nennen „Lehrbuch der gesamten Tunnelbaukunst“ von Franz Rziha. Zwei Bände. Berlin 1867 und 1872.

Der Tunnelbau hat aber in neuester Zeit in seiner Anwendung auf Eisenbahnen eine viel grössere Bedeutung gewonnen, als er bei Canälen jemals hatte, und die Methoden zum Durchbrechen langer Strecken in festem Gestein haben sowohl in Beziehung auf Erleichterung, als auf Beschleunigung der Arbeit durch Anwendung von Maschinen sich wesentlich verbessert.

Eine sorgfältige Aufnahme des Terrains verbunden mit genauen Höhenmessungen muß der Ausführung vorangehen, um die beiden Endpunkte, sowie auch die Richtung der beiderseitigen Stollen zu ermitteln.

Wenn die Strecke aber länger und das Gebirge nicht zu hoch ist, so pflegt man zwischen den Endpunkten noch Schächte bis zur erforderlichen Canalsoble abzuteufen, um theils das gelöste Material bequemer beseitigen zu können, theils auch um mehrere Anstichpunkte für den Stollenbau zu gewinnen und dadurch die Arbeit in beschleunigter Bedingung ist es nun, daß alle einzelnen Strecken, die auf solche Weise ganz unabhängig von einander ausgeführt werden, wirklich in einer geraden Linie und in gleichem Horizont zusammentreffen.

Zunächst mag von den Schächten die Rede sein. Sie werden an möglichst tiefen Stellen und in angemessenen Entfernungen von einander abgeteuft, auch muß das ausgehobene Wasser einen passenden seitlichen Abfluß finden. Ihr Querschnitt ist selten kreisförmig oder quadratisch, vielmehr meist elliptisch oder oblong, weil er alsdann bei gleichem Flächeninhalt zur Aufstellung der Winden bequemer ist. Die Weite eines Schachtes mißt nach Umständen bis 10 Fufs. Man fasst ihn entweder mit Holz oder mit Mauern ein. Das letzte geschieht vorzugsweise, wenn seine Benutzung voraussichtlich sich so lange ausdehnen wird, daß das Holz inzwischen einer Erneuerung bedarf. Nach Beendigung des Canals sind die Schächte meist entbehrlich, denn zur Erleuchtung tragen sie doch nicht wesentlich bei, und besonderer Vorrichtungen zur Erneuerung der Luft bedarf es auch nicht, da der starke Luftzug sogar oft lästig ist. Aus diesem Grunde pflegt man in neuerer Zeit ziemlich allgemein blizerne Einfassungen zu wählen, die leichter darzustellen und sicherer zu befestigen sind.

Die Ausführung der Schächte stimmt mit der im ersten Theil (S. 13) beschriebenen und Fig. 40 dargestellten Methode überein.

Auch in diesem Fall werden Rahmen oder Joche in 3 bis 4 Fuß Abstand unter einander angebracht und Bohlenstücke dahinter getrieben. Man sorgt aber dafür, die Rahmen unter sich gehörig zu verbinden, und verkleidet sie an der innern Seite noch mit Latten, damit die auf- und abgehenden Eimer nicht etwa darunter greifen oder darauf hängen bleiben. Von der Beschaffenheit des Bodens hängt es ab, ob die Bohlenstücke dicht schliessend eingesetzt werden müssen, oder ob sie grössere oder kleinere Zwischenräume offen lassen dürfen. Je leichter und loser der Boden ist, um so vollständiger muß das Erste geschehn.

Will man dem Schacht eine massive Einfassung geben, so geschieht dieses, nachdem er in der ganzen Tiefe ausgeführt und in der beschriebenen Weise verschaaft ist. In festem Thon oder in gewachsenem Felsboden kann man auch durch Unterfahren, also gleichzeitig mit der Vertiefung des Schachtes das Mauerwerk weiter herabführen, und andererseits wendet man in ganz losem, sandigen Boden auch zuweilen Senkbrunnen an, wie z. B. bei Darstellung der Zugänge zu dem Themse-Tunnel geschehen ist.

Die Erde und das Gestein, welches im Schacht während dessen Ausführung gelöst wird, so wie auch das Wasser, welches an dessen Sohle sich sammelt, wird gemeinhin nur mittelst einer einfachen, auf die Oeffnung des Schachtes gestellten hölzernen Winde gehoben, die mit einer 1 Fuß starken Trommel und an jeder Seite mit einer Kurbel versehen ist. Um die Trommel sind mehrere Windungen eines hinreichend starken Taues geschlungen, an dessen beiden Enden sich Haken befinden. In diese werden Eimer eingehängt, die beim Drehn der Winde abwechselnd herab- und hinaufgehn, und unten gefüllt werden. Auch die nöthigen Baumaterialien und Geräthe, sowie die Arbeiter selbst lässt man daran herab und hebt sie wieder herauf.

Die Beseitigung des Wassers verursacht in manchen Fällen grosse Schwierigkeiten. Ist der Zudrang desselben nicht bedeutend, so schöpft man es von der tiefsten Stelle der Sohle mit Eimern aus, in die man oft zugleich auch den gelösten Boden hineinwirft. Bei stärkerem Zudrang des Wassers richtet man auch eine besondere Winde zum Fördern desselben ein, oder man bedient sich anderer kräftiger Schöpfmaschinen, die jedoch bei zunehmender Tiefe des Schachtes immer verstellt werden müssen. Sobald indessen

Schacht bis zur beabsichtigten Tiefe herabgeführt ist, und man denselben aus den Stollenbau beginnt, also keine weitere Verengung vorkommt, so richtet man gewöhnliche Pumpen ein, weil man wenigstens den Raum beschränken. Auch pflegt man, sie dauernd im Betriebe erhalten werden müssen, Dampfmaschinen oder Pferdeegöpel zu ihrer Bewegung zu benutzen.

Sunmehr beginnt auf beiden Seiten des Schachtes der Stollenbau und zunächst kommt es darauf an, die Richtung der Stollen festzustellen, damit sie mit denjenigen der andern Schächte oder Mundlöcher zusammentreffen. Auf der freien Oberfläche die Richtung sebart gegeben, um diese aber auf die Sohle des Schachtes zu übertragen, begnügt man sich meist damit, in letzterem zwei Lothe herabhängen zu lassen, die unten in zwei Gefäße mit Wasser eintauchen, um ihre Schwingungen bald zu unterbrechen. In der geringen Weite des Schachtes sind die beiden Lothfäden wenige Fulse von einander entfernt, die Uebertragung der Richtung ist daher wenig sicher, und dieses ist schon ein Grund, die Stollen in möglichst geringen Dimensionen und in der Mitte des ganzen darzustellenden Profils auszuführen, damit spätere Veränderungen der Richtungen noch leicht ausführbar sind. Hierzu kommt auch, daß die Sicherung einer kleinen Oeffnung viel leichter und solche auch schneller ausführbar ist. Sobald aber dieser Stollen mit der Mund-Oeffnung in Verbindung steht, so läßt sich das Grubenwasser ein freier Abfluß eröffnen, wodurch die Schöpfmaschinen entbehrlich werden.

Die Ausführung der Stollen im aufgeschwemmten Boden ist wesentlich dieselbe, wie die der Schächte. Man bildet wieder ein Joch aus zwei Stielen, die oben wie unten durch Spannseile gegen einander abgesteift und durch Rahmstücke überdeckt werden. Ueber letztere, so wie auch hinter den Stielen werden zugeshärfte Bohlen eingeschoben, welche sowol oben, wie an den Seiten die Erde zurückhalten und von diesem, wie auch von dem nächstfolgenden Joch unterstützt werden. Sobald letzteres etwa in 4 Fuß Entfernung aufgestellt ist, so treibt man wieder denselben und den erwähnten Bohlen andere aufs Neue ein, in dieser Art setzt sich die Arbeit fort.

Nachdem ein solcher Stollen in so geringen Dimensionen, daß ein Mann meist nur gebückt hindurchgehen kann, im Zusammen-

hange mit dem vom Mundloch ausgehenden Stollen ausgeführt ist, wird zunächst die Mittellinie des Canals darin scharf bezeichnet. Hierauf treibt man in der Höhe, wo das Gewölbe beginnen soll, nach beiden Seiten Querstollen so weit, daß sie die Anfänge des Gewölbes noch umfassen, und in Längs-Stollen, parallel zum ersten Stollen, werden die Gewölbe vom Kämpfer ab 3 bis 4 Fuß hoch ausgeführt. Dieselbe Operation wiederholt sich in andern darüber eröffneten Stollen, bis der Bogen des Gewölbes etwa 45 Grade gegen das Loth geneigt ist. Alsdann läßt sich der Lehrbogen nicht mehr entbehren, und man muß die Längsstollen durch Querstollen in der Höhe des obern Theils des Gewölbes mit einander verbinden. In diesen erfolgt der Schluß des Gewölbes. Da man aber auch den letzten Stollen keine große Weite geben darf, so muß man von dem Längenverbande ganz absehn, und es bleibt nur übrig einzelne Bogen stumpf an einander zu stellen. Die Widerlager oder die Mauern unter den Gewölben werden nunmehr, nachdem die Decke gesichert ist, und die einzelnen Stollen in Verbindung gesetzt werden dürfen, durch Unterfahrung bis zur nöthigen Tiefe herabgeführt.

Zuweilen stellt man das Gewölbe auch in andrer Weise dar. Die Gefahr des Durchbruchs ist nämlich in der Mittellinie des Tunnels am größten, und wird durch die beschriebene Bauart noch vermehrt, insofern die große Anzahl von Stollen, die über und neben einander nach und nach zur Ausführung gebracht werden, schon die sichere Unterstüßung der darauf ruhenden Erd- oder Felsmasse gefährdet haben, diese also leicht in Bewegung kommen kann. Man hat daher in vielen Fällen mit der Ausführung des obern Theils des Gewölbes den Anfang gemacht, und die darunter befindlichen Theile durch Unterfahren dargestellt. Besonders bei sehr losem Grunde ist der Nutzen einer solchen Anordnung nicht zu verkennen, insofern man dabei alle andern Arbeiten bereits im Schutz einer festen Decke vornehmen kann. Bei dem Bau der Souterrains im Marne-Rhein-Canal hat man diese Methode gleichfalls gewählt, wiewohl man hier ziemlich festes Gestein antraf, das keiner vollständigen Verschaalung, sondern nur der Absteifung und Verstrebung bedurfte. Die in Fig. 375 auf Taf. LIV dargestellten Querschnitte zeigen diesen Bau in den verschiedenen Perioden der Ausführung. In *a* ist durch die punktirten Linien zwischen der

mittlern Steifen der erste Stollen in seiner Absteifung an, der durch das Gebirge getrieben wurde. Darunter befindet sich der mit starkem Gefälle versehene und gleichfalls leicht zu schließende Graben, der zur Abführung des Wassers dient.

Von diesem Stollen aus erweiterte man die Oeffnung, und den ganzen zu überwölbenden Raum dar, indem die nöthigen Stützen angebracht wurden. Fig. b zeigt einen Lehrbogen, woraus eine ganze Reihe hintereinander auf, jedoch so, dass die Steifen dazwischen stehn blieben. Letztere wurden nur gebraucht, wenn die Schaalhölzer aufgebracht werden mußten, was gewöhnlich vor dem Versetzen der Steine geschah, so daß das Holz bald darauf deren Stelle vertrat. Die beiderseitigen Anker der Bogen ruhen, wie aus der Figur ersichtlich ist, auf je zwei Böhlen von Bohlen, und dieser untere Theil des Gewölbes kann bequem in gehörigem Verbande gemauert werden. Nur wenn gegen den Schluß kommt, läßt sich der Verband nicht mehr erhalten, weil die Steine von der Stirnseite des Bogens eingeschoben werden müssen, und darüber kein Platz zu ihrem Versetzen bleibt. Diese Böhlen, die zugleich mit den Lehrbogen das Gewölbe bilden, ruhen theils unmittelbar, theils mittelst Stützen auf den beiden Theilen der Schwellen. An den Stellen, wo das Gewölbe dem Schluß nahe ist, eröffnet man zu beiden Seiten die Gruben für die Widerlager und die Anfänge des Bogens. Diesen kann man eine grössere Länge und daher besonders in den mittlern Theilen den gehörigen Verband geben. Die Schwellen werden, wie Fig. c zeigt, nunmehr abgesteift, ihre vortretenden Enden werden man aber abstemmen, sobald das Mauerwerk von unten aus her zu nähert. Zuerst werden die hintern Steinreihen mit dem Lehrbogen verbunden und möglichst geschlossen eingetrieben, indem die Böhlen gleichfalls in kurze Stücke zerlegt und beiseite gerückt. Alsdann geschieht dasselbe mit den vordern oder innern Reihen. Indem der Bogen hierbei dauernd auf dem Lehrbogen ruht, ausserdem aber entweder sein äusserer oder innerer Rand von der bereits ausgeführten Untermuerung oder noch von der Absteifung getragen wird, auch ein guter Mörtel angewendet ist, der die Böhlen bindet, so können die untern Steine sich nicht sogleich verschieben, und die ganze Arbeit schreitet sicher und ohne Unterbrechung fort.

Sobald das Gewölbe an einer Stelle geschlossen und unten ist, entfernt man den darunter befindlichen Lehrbogen und die Mauern unter den Leinpfaden aus (Fig. d), gegen welche den freistehenden Erdkörper in der Mitte des Souterrains an. Auf diese natürliche Erdbablagerung hatte man aber gleich Eröffnung des ersten engen Stollens eine Eisenbahn gelegt, an deren sowohl das gelöste Gestein abgeführt, als auch das erforderliche Baumaterial beigebracht werden konnte. Bei Ausführung des Souterrains bei Arschweiler gewann man an Ort und Stelle das zum Mauern und Wölben erforderliche Steinmaterial in solcher Menge und von gehöriger Güte. Die Wölb- und Schlusssteine wurden daher im Souterrain selbst bearbeitet.

Der Schluss des Gewölbes bildet den schwierigsten dieser Arbeiten, weil es über dem Bogen an dem nöthigen Raum fehlt, um die Steine in gewöhnlicher Art zu versetzen. Bei Ausführung des Eisenbahn-Souterrains bei St. Cloud setzte man einzelnen Lehrbogen aus zwei getrennten Hälften zusammen, zwischen denen so viel Raum blieb, daß der Maurer bequem auf einer etwas niedrigeren Rüstung stehen konnte. Dadurch wurde es möglich, bis auf 1 Fuß Abstand vom Scheitel noch die Steine in richtigem Verbande zu versetzen, und nur der letzte 2 Fuß breite Theil des Gewölbes mußte wieder aus einzelnen, stumpf an einander gestellten Schlusssteinen bestehen. In der Längenrichtung des Gewölbes maas dieser Theil etwa 3 Fuß, der Maurer konnte daher die Steine von der Stirnfläche des Gewölbes aus hineinschieben. Sobald solcher Bogen geschlossen war, wurde er sogleich mit einer Erde überdeckt, um die Bergfeuchtigkeit abzuhalten, und man füllte sich, den freien Raum darüber bis zu der durch das Absetzen der Steine gebildeten Decke sorgfältig und möglichst geschickt mit Steinen anzufüllen. Die Vorsicht in dieser Beziehung ist dringend geboten, und man kann damit in der That nicht zu weit gehen, indem das Gewölbe jedenfalls, und wenn es auch noch so stark wäre, sehr beschädigt würde, wenn die darüber liegende Erde und Felsmasse bei dem unvermeidlichen Setzen sich plötzlich senken und eine merkliche Geschwindigkeit annehmen sollte.

Die Ausführung der Wölbung wird schwieriger, wenn die Förderschachte beibehalten und ihre massiven Böden

dem Gewölbe über dem Canal verbunden werden sollen. In-
 dem diese Schachte, wie erwähnt, später beinahe keinen Nutzen
 wahren, ihre Unterhaltung aber ziemlich kostbar ist, so pflegt
 man sie meist nach Beendigung des Souterrains zu verfüllen und
 wegzunehmen zu lassen. In England hat man aber, um ihre Verbin-
 dung mit dem Gewölbe zu vereinfachen, sie zuweilen auf guße-
 rne Rahmen von quadratischer Form gestellt, die von einem
 oder zwei Bogen im Gewölbe getragen werden, und an die sich
 die nächsten Bogen mit ihren Stirnen bequem anschließen lassen.

Die Eingänge der Souterrains pflegt man gemeinhin mit
 Mauerwerk einzuschließen, die häufig mit architektonischen Ver-
 zierungen und Inschriften versehen sind. Diese Mauern erheben
 sich aber meist nur wenig über das Gewölbe, und bilden daher
 den Fuß einer Böschung, die sich nach dem Gebirge erhebt, und
 von den Fortsetzungen der Seitenböschungen des offenen Einschnittes
 begrenzt wird. Jene erste Böschung wird gewöhnlich mit Banketen
 versehen, die jedoch nicht horizontal sind, sondern sanft ansteigen,
 und sonach Gänge bilden, auf welchen man zwischen den mit
 Blumen und Sträuchern bepflanzten geneigten Flächen zur Höhe
 gelangen kann. Fig. 376 zeigt eine solche Anordnung.

In eigenthümlicher Weise wurde der unterirdische Canal St.
 Maurice in der Nähe von Paris ausgeführt, der eine sehr ausgedehnte
 Serpentine der Marne abschneidet. Die Höhe des Terrains war so
 gering, daß man unter andern Umständen nur einen offenen Ein-
 schnitt dargestellt haben würde, doch verbot sich dieses theils
 wegen des daneben befindlichen Dorfes, und theils wegen der sehr
 frequenten Straße. Außerdem würde auch der Ankauf des Ter-
 rains zum Aufstellen der Abtragserde zu kostbar gewesen sein.
 Aus diesen Gründen entschloß man sich, den Canal unterirdisch
 zu führen, doch geschah dieses nicht in der eben beschriebenen
 Weise mittelst hindurchgetriebener Stollen, vielmehr wurde ein
 Einschnitt eröffnet, das Canalbett darin ausgehoben, mit Seiten-
 mauern versehen, mit einem starken Gewölbe überspannt, und
 letzteres demnächst wieder mit Erde überfüllt. Der Einschnitt
 mußte aber mit steilen Dossirungen versehen werden, weil einzelne
 Häuser sehr nahe standen. Dieses gelang auch, indem man starke
 Stützungen zwischen den beiderseitigen Wänden anbrachte. Ueber-

dies war es nicht nothwendig, den Einschnitt an jeder Stelle offen zu lassen, indem man mit der Ausführung des Gewölbes und der Ueberschüttung desselben möglichst schnell fortschritt. Man brauchte auf diese Weise einen grossen Theil der ausgehobenen Erde gar nicht seitwärts abzulagern, sondern konnte denselben gleich zur Verfüllung des bereits fertigen Gewölbes verwenden. Letzteres erhielt aber bei der sorgfältigen Ausführung, und da es ausserdem noch 1 Fuß hoch mit Béton überdeckt wurde, eine genügende Wasserdichtigkeit. Dieser Umstand war von grosser Bedeutung, weil andernfalls das Grundwasser zum Nachtheil des darüber stehenden Dorfes stark gesenkt worden wäre.

Indem unterirdische Canalstrecken niemals solche Ausdehnung haben, wie manche Eisenbahn-Tunnels, auch nie in so hohe Gebirge eingeschnitten sind, daß die Anlage von Förderschächten bei unmöglich gewesen wäre, so darf von den in solchem Fall eintretenden Schwierigkeiten, und den Mitteln zur Umgehung derselben hier abgesehen werden. Dagegen dürfte ein andrer Bau nicht unerwähnt bleiben, der, wenn er auch seinen Zweck vollständig verfehlt hat, dennoch theils wegen der übergrossen Schwierigkeiten, die seiner Ausführung entgegenstanden, und theils wegen der eigenthümlichen Art der Ueberwindung derselben, von grosser Bedeutung ist, und der überdies dem Gebiet der Wasserbaukunst angehört. Dieses ist der in den Jahren 1825 bis 1843 von Isambard Brunel ausgeführte Themse-Tunnel. Die Anordnung der Zugänge zu demselben, die nichts andres, als sehr grosse Senkbrunnen sind, wurde bereits im ersten Theil §. 8 beschrieben.

Der wichtigste Theil dieses Bauwerks ist die Durchführung des überwölbten Stollens unter der Themse in einem zum Theil vollständig mit Wasser durchzogenen leichten Boden, der überdies zur Zeit des Hochwassers einem Wasserdruck von mehr als 70 Fuß ausgesetzt war.

Man hatte schon früher in ähnlicher Weise eine Verbindung der beiderseitigen Themseufer darzustellen versucht. Bereits im vorigen Jahrhundert wurde bei Gravesend ein solcher Bau von Dodd in Vorschlag gebracht und wirklich begonnen. Man hiess indessen nicht weiter, als daß man einen Schacht abzuteufen begann, der aber so starke Quellen aufnahm, daß alle Mühe,

zu legen, vergeblich war, und man sich bald gezwungen wieder zuzuschütten*).

Wichtiger war ein zweiter Versuch, der von Vazie begonnen und von Trevithik, dem Erfinder der Hochdruckmaschinen, bald und sehr weit ausgedehnt wurde, der aber dennoch mißglückte. Man teufte ziemlich nahe an derselben Stelle, wo der jetzige Tunnel ausgeführt ist, einen Schacht von 12 Fuß Weite ab, und schloß an denselben einen Stollen in den Bergbau üblichen Dimensionen von $2\frac{1}{2}$ Fuß lichter Weite und 12 Fuß Höhe an, der nur mit Holzeinfassung versehen war. Im Jahr 1804 wurde der Bau begonnen, der Stollen aber erst im März 1808 ausgeführt und in den ersten Tagen des folgenden Jahres um 1000 Fuß verlängert, so daß er bereits das gegenüberliegende Ufer erreicht hatte, als am 25. Januar 1808 das Wasser einbrach, das den leichten Bau so verwüstete, daß an eine Wiederherstellung mehr gedacht wurde. Der Stollen war auf 923 Fuß ausgeführt. Vergleichungsweise zu dem spätern Bau, und mit geringen Hülfsmitteln der damaligen Technik, kann man sich vorstellen, wie dieses Unternehmen einen so raschen Fortgang konnte und bis zu der Zeit, daß es zerstört wurde, so viele Unfälle erfuhr. Nichts desto weniger war das Durchtreiben des Stollens doch nur der geringste Theil der Arbeit, und wenn dieser auch vollständig geglückt wäre, so begreift man kaum, wie das Souterrain alsdann erweitert und ausgemauert werden

sohl das Unternehmen zweimal mißglückt war, so wurde doch, bevor zwanzig Jahre vergangen waren, aufs Neue wieder aufgenommen. Die Wichtigkeit desselben erschien zu bezeugen namentlich in einer Zeit, wo Dampfschiffe noch wenig bekannt waren, und man sie noch nicht benutzte, um eine leichte regelmäßige Verbindung zwischen den gegenüber liegenden Ufern darzustellen. Auf die ganze Länge der Themse, von der Mündung bis zur London-Brücke, also etwa auf 8 deutsche Meilen war die Anlage einer gewöhnlichen Brücke, ganz abge-

Sammlung nützlicher Aufsätze und Nachrichten, die Baukunst betreffen.
Sechster Jahrgang. Zweiter Band. Berlin 1806. Seite 61 ff.

sehn von den technischen Schwierigkeiten, unmöglich, weil die Schiffahrt hier in keiner Weise beeinträchtigt werden durfte. Wollte man die beiderseitigen Ufer in Verbindung setzen, so konnte dieses nur geschehn, entweder so hoch über Wasser, daß die Schiffe mit allen Bramstengen und zwar in der ganzen Ausdehnung des Fahrwassers ungehindert darunter nach wie vor segeln, oder so tief unter Wasser, daß auch die größten Schiffe frei darüber gehn konnten. Man dachte allerdings auch an die erste Art des Uebergangs, indem eine weit gespannte und hohe gusseiserne Bogenbrücke projectirt wurde, man zog aber den Vorschlag Brunel vor, den Weg unter dem Bett der Themse zu erbauen, und es bildete sich eine Actien-Gesellschaft, die gegen das zu erhebende Brückengeld die Kosten des Baues nach dem von Brunel aufgestellten Anschlag tragen wollte.

Man machte, wie bereits früher beschrieben, mit dem Versenken des Treppenthurms im Jahre 1825 den Anfang, und am 1. Januar des folgenden Jahrs wurde der Bau des Stollens oder des eigentlichen Tunnels begonnen, der achtzehn Jahre später beendigt wurde. Seine Ausführung war mit ungeahnten Schwierigkeiten verbunden, aber die Methode, obwohl sie keine wesentlichen Aenderungen erfuhr, vervollkommnete sich doch erst während ihrer Anwendung. Der Bau war bereits über die Hälfte beendigt, als Brunel das unbedingte Zutrauen dazu aussprach, und sich rühmte, der Apparat sei jetzt so beschaffen, daß er unter allen Umständen zum Ziel führen müsse, wenn es nicht an Geld fehle. Dieser Punkt hatte allerdings schon große Bedeutung gewonnen. Das von der Gesellschaft aufgebraachte Capital war längst verausgabt und weitere Zuschüsse wurden endlich verweigert, da die Hoffnung des Gelingens beinahe ganz verschwunden war. So ruhte der Bau nahe 8 Jahre hindurch, nämlich von 1828 bis 1836, bis endlich das Nationalgefühl angeregt und vom Parlament das noch fehlende Geld bewilligt wurde.

Es ist wohl außer Zweifel, daß die Schwierigkeiten, die man antraf, größtentheils davon herrührten, daß man sich der Sohle des Flußbettes zu sehr genähert hatte. Spätere Veränderungen derselben und selbst das Ankern der Schiffe sollen hieran Schuld gewesen sein. Jenen Veränderungen hätte man indessen wohl vorbeugen können durch Befestigung des Flußbettes. Wenn aber das

durchziehen einiger Schiffsanker schon in solchem Maasse, wie wirklich geschehn, das Unternehmen gefährden konnte, so war es sich sehr unsicher, und man hätte entweder eine andre Stelle wählen, oder tiefer herabgehn müssen. Nach den 39 Sondirungen, die angestellt waren, sollte der Bau überall mindestens noch 10 Fufs unter der Sohle des Flußbettes bleiben. Dagegen hatte man später aus der Taucherglocke das Mauerwerk frei liegen sehn. Der Boden bestand aber mit Ausnahme einer schwachen Kalkschicht, die Fig. 377 in der Höhe der untern Hälfte des Gemäuers angegeben ist, aus Kies und Thonlagen, die besonders oben in weichen Schlamm übergingen. Der in dieser Figur dargestellte Wasserstand ist der des niedrigen Wassers, das Hochwasser erhebt sich noch 19 Fufs darüber.

Die so oben bezeichnete Figur stellt den Querschnitt des fertigen Baues dar. In einem Gemäuer von $21\frac{1}{2}$ Fufs Höhe und $16\frac{1}{2}$ Fufs Breite befinden sich die beiden überwölbten und mit Fußwegen verbundenen Fahrbahnen. Die Mittelmauer zwischen beiden ist mit großen überwölbten Oeffnungen versehen. Diese Oeffnungen sind indessen erst später dargestellt und mit Bogen überspannt, indem es zu schwierig gewesen wäre, sogleich ein so ungleichmäßiges Mauerwerk auszuführen. Einen Längenverband konnte man indessen weder den senkrechten und horizontalen Mauern, noch den Gewölben geben, vielmehr mußte eine vertikale Mauerseicht stumpf gegen die andre gestellt werden. Bei dem schnell erhärtenden und fest bindenden Roman-Cement, der durchweg angewendet wurde, hat diese Verbindungsart, soviel bekannt, keine nachtheiligen Folgen gezeigt.

Zur Ausführung des Sonterrains diente ein eigenthümlicher Apparat, der Schild genannt, welcher nicht nur die Stirnfläche des Stollens sicher abschloß und den Druck der davor stehenden Erde und des Wassers aufhob, sondern auch so eingerichtet war, daß man an jeder beliebigen Stelle kleine Oeffnungen frei machen und die Erde davor beseitigen konnte. Der Schild bestand aus zwölf einzelnen Abtheilungen oder Rahmen, die beliebig entlastet und vom Erddruck beinahe vollständig befreit werden konnten, indem derselbe auf die nächsten Rahmen sich übertragen ließ. Dadurch wurde es möglich, die einzelnen Rahmen und sonach den ganzen Schild vorzuschieben.

Der Schild war etwas breiter und höher, als das Mauerwerk des Tunnels, und umschloß dasselbe oben und zu beiden Seiten mit beweglichen eisernen Platten. Gewöhnlich befand er sich etwa 9 Fuß vor der jedesmaligen Stirnfläche der Mauer, und in gleichen Maasse, wie er vorrückte, folgte ihm auch das Mauerwerk.

Fig. 378 zeigt den Schild in derjenigen Anordnung, die man ihm nach manchen Aenderungen gegeben hat^{*)}. Er besteht aus zwölf getrennten Theilen oder Rahmen, die wie Bücher in einem Bücherschrank stumpf neben einander stehn, und einzeln vorgeschoben werden können. Jeder dieser Rahmen hat drei Abtheilungen oder Zellen übereinander von hinreichender Breite und Höhe, so daß ein Arbeiter ziemlich bequem darin Platz findet. Auf diese Weise enthält der ganze Schild sechs und dreißig Zellen, und eben so viele Arbeiter sind darin in ähnlicher Weise beschäftigt, wie beim Vortreiben eines Stollens. In Fig. 377 sind diese Zellen sichtbar.

Jeder der erwähnten Rahmen, aus gusseisernen durchbrochenen Platten zusammengesetzt, steht auf zwei eisernen Schenkeln *A*, die mittelst starker Schrauben, deren Köpfe man bei *D* sieht, verlängert oder verkürzt werden können, und sowohl oben als unten mit Kugelgelenken versehen sind. Wenn die Schuhe *B*, auf denen die Schenkel eines Rahmens ruhn, vorgeschoben werden sollen, so wird der Rahmen mittelst der Arme *C* an die beiden nächsten Rahmen gehängt. Diese Arme sind oben und unten mit kreisförmigen Oeffnungen versehen, in welche Zapfen von den beiden angrenzenden Rahmen eingreifen. Ein Rahmen hat jedesmal unter der mittleren Zelle zwei solcher Achsen, und der nächste trägt dieselben über der mittleren Zelle. Die beiden äußern Rahmen konnten nur durch einen Arm unterstützt werden. Diese Arme lassen sich durch eingetriebene Keile beliebig verlängern und verkürzen. Man kann also durch Verstellen der Keile und der an den Schenkeln angebrachten Schrauben das Gewicht eines Rahmens von den darunter liegenden Schuhen auf die zur Seite stehenden Rahmen übertragen.

^{*)} Dieser Schild, sowie der ganze Bau wurde zuerst von *Henry Lee* in *Weale's Quaterly papers on Engineering. Part. VI, IX und X* beschrieben. Im „Lehrbuch der gesammten Tunnelbaukunst“ von *F. Riha*, II. Band, Berlin 1872, ist derselbe gleichfalls behandelt.

man indessen zu verhindern, daß zwischen den Rahmen die Luft gar zu stark wird, oder wohl gar ein Klemmen eintritt, so muß ihr gegenseitiger Abstand genau normirt werden. Dieses wird durch erreicht, daß man in der Höhe der Mittelböden, welche die Stollen trennen, vortretende Kreisstücke angebracht hat, die in den Rahmen sich um eine vertikale Achse drehn, und in dem sie sich gegen eine eiserne Bahn lehnen, die also, ohne die gegenseitige Bewegung zu hemmen, die Annäherung über eine gewisse Grenze hinaus verhindern. Wegen des starken Drucks von beiden Seiten ist aber eine zu große Entfernung der Abtheilungen von einander weniger zu besorgen.

Das Vorschieben jedes Rahmens geschieht dadurch, daß man oben als unten je zwei starke Schrauben horizontal durch die bereits ausgeführte Mauer stellt, und durch Drehn der selben den nöthigen Druck erzeugt. Die beiden Schenkel bleiben sich dabei in der Stellung, welche die Figur angiebt, indem die Schube schon vorher etwas vorgeschoben waren. Die Deckplatten über dem Rahmen ruhn in diesem Fall auch nur auf den Stützen *E*, indem die starken Schrauben, die sie sonst tragen, entfernt sind. Auf diese Weise kann jeder der mittlern Rahmen frei gestellt werden, er findet aber auch in der Richtung, in der er geschoben werden soll, einen freien Raum, indem die Kreisstücke, welche die Erde am Kopf des Stollens absteifen, nicht gegen diesen Rahmen, sondern die beiden nächsten gestützt werden. Anders verhält es sich mit den beiden äußern Rahmen, welche sich die gußeisernen Bohlen lehnen, die den Kopf des Stollens zur Seite einfassen. Eine starke Reibung ist hier unbedenklich, und um so kräftiger müssen die Schrauben wirken. Die Bohlen sind indessen so eingerichtet, daß jene Stützen, welche die Erdwand an der Stirnfläche des Stollens zurückhalten, auch auf sie angesetzt werden können, und sonach auch die äußern Rahmen beim Vorschreiten leere Räume vor sich finden.

Über jedem der mittlern Rahmen befinden sich zwei gußeiserne Deckplatten *F* mit Verstärkungsrippen versehen, vorn abgerundet und am hintern Ende mit Platten von gewalztem Eisen bedeckt, die noch über das bereits ausgeführte Mauerwerk hinausragen, und daher bis zu diesem stets einen ziemlich dichten Abschluss darstellen. Auf jedem der beiden äußern Rahmen liegen

dagegen drei dergleichen Platten, von denen die äußern, wie Eck-eisen, theils horizontale, theils vertikale Flächen haben, also schon den Anfang der Seiteneinfassungen bilden. Die Deckplatten ruhen gewöhnlich, außer den bereits erwähnten Stützen *F*, noch auf starken Schrauben. Sie werden aber, ehe man den zugehörigen Rahmen vorschiebt, selbst vorgeschoben, wozu besondere Schrauben dienen, die man gleichfalls gegen die Stirn der Mauer ansetzt, die aber in der Figur nicht angegeben sind.

Die Seiten-Einfassungen am Kopf des Stollens werden durch eiserne Platten von 1 Fuß Höhe gebildet, die sehr genau mit den Deckplatten übereinstimmen, und auch eben so wie diese vorgeschoben werden. Eine Verschiedenheit findet nur insofern statt, als sie nicht so sicher aufliegen und daher durch besondre Vorrichtungen in ihrer Stellung gehalten werden müssen. Sie greifen daher nicht nur durch eine Art von Federn und Nuthen in einander, sondern jede von ihnen ist noch mit einem starken Bolzen versehen, der in einer am äußern Rahmen angebrachten Oese sich frei hin- und herschieben läßt, und dabei die Platte auf der am Rahmen befindlichen Bahn erhält.

Ein sehr wichtiger Theil des Apparats bezieht sich auf die Absteifung der Erde in der Stirn des Stollens. Hierzu dienen ungefähr 500 Bohlenstücke *G*, von denen jedes 3 Fuß lang ist. Ihre Höhe beträgt 6 Zoll, und ihre Stärke 3 Zoll. An den Enden sind Eisenplättchen mit halbkugelförmigen Vertiefungen aufgeschroben, in welche die Köpfe der Stützen *H* greifen. Diese Stützen, aus Schraubenspindeln und röhrenförmigen Muttern bestehend, lassen sich aus freier Hand leicht verlängern und verkürzen, so daß man jene Bohlenstücke beliebig lösen, oder gegen die Rahmen absteifen kann. Dieses Absteifen geschieht, wie bereits erwähnt, nicht nur gegen den zugehörigen Rahmen, sondern, sobald dieser vorgeschoben werden soll, auch gegen die beiden benachbarten Rahmen.

Es wiederholten sich indessen vielfache Unfälle mit den Bohlenstücken, und namentlich kanteten dieselben mehrfach, oder fielen auch herab, und nur mit großem Zeitaufwande konnte man sie alsdann in ihre passende Lage bringen, oder durch andre ersetzen. Von Bedeutung war daher die Aenderung, daß man sie mit Haken versah, womit sie an einander befestigt wurden.

Die Aushebung der Erde geschah in der Art, daß man in jeder Zelle zuerst die obere Bohle löste und die Erde einige Fuß herausnahm, alsdann wurde die Bohle wieder eingesetzt und mittelst der Stützen *H* gegen die dahinter stehende Erdwand geschoben. Dasselbe geschah mit der zweiten und allen folgenden Bohlen der Zelle. Die Erde, welche in den beiden oberen Reihen gelöst war, fiel dabei auf die Mittelböden, die mittelst der Bleche zwischen den Bohlen vorragten, und sonach ein Einstürzen der Erde bis zur Sohle des Schachtes verhinderten. In der unteren Zelle fiel keine Erde, vielmehr mußte sie unter der Erde vorgezogen werden. Die Bohlenstücke zunächst über der Sohle des Stollens stellte man aber nicht mehr senkrecht, sondern geneigt ein, so daß die Wand hier allmählig in die horizontale Richtung überging. Diese Bohlen blieben hier auch liegen und bildeten theils eine Unterlage für die gußeisernen Schuhe *B*, theils auch einen Rost für das Manerwerk. Während die schweren Schuhe mit der ganzen Belastung des darüber befindlichen Schachtes darauf gestellt wurden, drückten sie sich so fest ein, daß sie eine so sichere Lage an, daß sie einer weitem Bewegung nicht bedurften, wenn auch die Schuhe nicht mehr vorhanden waren.

Sobald die Rahmen sich von der Mauer etwas entfernt hatten, wurde sogleich eine Mauerschicht von der Stärke eines Steins aufgelegt, die zwar stumpf, aber in gutem Cement aufgesetzt. Das Profil der Mauer zeigt Fig. 377. In Fig. 378 sieht man noch den Querschnitt eines Lehrbogens, der bei seiner geringen Länge sehr vorgezogen und mittelst Hebel und Schrauben genau auf die erforderliche Höhe gestellt werden konnte.

Die vorstehende Beschreibung des Apparats und seiner Bewegung soll nur im Allgemeinen das gewählte Verfahren bezeichnen. Es ergibt sich daraus aber schon, daß die Einzelheiten mit großer Sorgfalt und Ueberlegung angeordnet und ausgeführt werden mußten, um die nöthige Festigkeit und Beweglichkeit zu bewahren und um nirgend die Arbeiten zu verhindern oder zu sehr zu erschweren. Die specielle Bezeichnung derselben, obwohl sie ein großes Interesse bietet, würde die Grenzen dieses Handbuchs weit überschreiten. Dagegen erscheint es nothwendig, über den Fortgang der Arbeiten noch Einiges mitzutheilen.

Am 1. Januar 1826 stellte man den Schild in dem früher beschriebenen Schacht oder großen Brunnen auf, und obwohl Durchbrechung der Mauer in mancher Beziehung ein andres fahren nothwendig machte, als dasjenige, für welches der Schild eingerichtet war, so näherte man sich dennoch schon gleichfangs demselben soviel irgend möglich war, um beim weiter rücken sogleich von den Schutzmaafsregeln vollständig Gebrauch machen zu können. Der Bau schritt Anfangs, ohne übermässige Schwierigkeiten zu bieten, ganz nach Wunsch vor. Am 8. des Jahrs war die Ausmauerung des Schachtes auf 350 Fufs endet, und zwei Einbrüche im Schilde zur Zeit hoher Fluth hatten nur kurze Unterbrechungen veranlasst, doch aber die Uezeugung verschafft, daß der Schild zu schwach sei, und für ganzen Bau kaum ausdauern würde. Die große Schwierigkeit in den einzelnen Theilen zu erneuern, schien indessen den Versuch zu rechtfertigen, ihn noch ferner beizubehalten, da namentlich der grössern Uebung der Arbeiter der Bau nunmehr schneller schritt, als im Anfang, und hierdurch die Dauer der Benutzung des Schildes sich sehr abzukürzen versprach.

Am 2. Januar 1827 erfolgte ein ziemlich bedeutender Einbruch. Er war dadurch veranlasst, daß man in ganz durchweichen Boden arbeitete, der die Bohlenstücke gar nicht mehr gehörig aufsen stützte. Zugleich drangen übermässige Wassermassen, welche die Dampfmaschine nicht mehr gewältigte, und der Schild bewegte sich oft nicht in der gehörigen Richtung, so daß man Seitenmauern ansehnlich schwächer halten mußte, als sie sollten. Nichts desto weniger wurde die Arbeit bald wiedergonnen und rasch fortgesetzt. Man schritt in jeder Woche durchschnittlich 12 Fufs vor, und an einzelnen Tagen gelang es, den Stollen 3 Fufs weiter zu führen.

Die Arbeit wurde indessen immer bedenklicher. In der Taucherglocke hatte man Ende April das Flußbette unter sich und dabei einen Hammer und eine Hacke verloren. Bei dem man in den ersten Tagen des Mai vor dem Schilde wieder vordrang, ergab sich also, daß ein ganz weicher Boden den Stollen deckte. In dieser Zeit sollen noch einige Schiffe vor dem Thore Anker geworfen und dadurch die Gefahr vergrößert haben. Am 18. Mai drang plötzlich das Wasser in reinen Strahlen durch

und nahm bald so überhand, daß die Maschine es nicht beseitigen konnte. Die Arbeiter entflohen und der Tunnel, damals 530 Fuß lang war, füllte sich mit Wasser an.

Die nunmehr angestellten Tiefenmessungen ergaben, daß vor der Schilde ein 36 Fuß tiefes, trichterförmiges Loch sich gebildet hatte.

Auf der Ostseite lag die Mauer frei im Flußbette, so daß die Taucherglocke seine äußere Fläche sehen konnte. Es

unter diesen Umständen nichts andres übrig, als die Vertiefung wieder zu füllen. Man versenkte 2500 Tons Klaierde, die

in Säcke gefüllt hatte. Damit aber nicht etwa die ganzen

durch die Oeffnungen in den Schild hineingetrieben werden möchten, stieß man durch jeden mehrere Haselstöcke hindurch,

deren Enden auf beiden Seiten etwa einen Fuß weit vorragten.

Während auch bedeutende Quantitäten Kies dazwischengeschüttet. Die Dampfmaschine konnte nunmehr wieder

Wasser bewältigen und am 21 Juni war eine Besichtigung des Tunnels möglich. Der Schild hatte nicht gelitten, aber sich

verstellt, auch war soviel Erde hineingetrieben, daß die Herausnahme derselben die Wieder-Aufnahme der Arbeit sehr

erleichterte.

Endlich in der Mitte des August konnten die Zellen wieder

freigelegt, und der Stollenbau aufs Neue begonnen werden. Dabei

aber andre Schwierigkeiten und Gefahren ein. Die eingestürzte

Erde kam, wenn man sie fortgrub, oft plötzlich in Bewegung, und die einzelnen Theile der Rahmen zerbrachen

so daß man sie fortwährend erneuern und verstärken mußte.

Die Arbeit schritt dabei sehr langsam vor. Manche weniger bedeutende

Einbrüche des Wassers unterbrachen sie auch wiederholt.

In den ersten Tagen des Jahres 1828 war man seit dem Wiederbeginn der Arbeiten nur um 50 Fuß weiter gekommen.

Am 12. Januar der bedeutendste Einbruch statt fand. Es hatte

der Fall schon oft wiederholt, daß beim Ausheben eines

Stückes die Erdmasse anfangs ziemlich fest zu stehen schien,

nach und nach in Bewegung kam und alsdann in großen Massen

hinein brach. Man pflegte sie alsdann durch eingestopftes

zum Stehn zu bringen. Ein solcher Fall ereignete sich auch

an diesem Tage, während Brunel gerade zugegen war. Das Ver-

suchen und Wiedereinstellen der Bohle glückte aber diesmal

nicht, und die Erde wurde nach und nach dünnflüssiger, wobei Brunel einen sehr gefährlichen Einbruch voraus sah, und den Arbeitern zurief, daß sie sich entfernen sollten. Er selbst begab sich in die nächste Zelle, um den weiteren Verlauf noch zu beobachten. Drei Arbeiter blieben bei ihm. Plötzlich drang statt der Erde, Wasser hindurch, und die Masse desselben war augenscheinlich viel größer, als daß die Dampfmaschine die Anfüllung des Tunnels hätte verhindern können. Da begab sich Brunel mit den drei Arbeitern auf den Rückweg, doch kaum waren sie eine kurze Strecke gegangen, als mit heftigem Getöse die Einströmungs-Oeffnung sich sehr erweiterte. Die Luft kam dabei so in Bewegung, daß die Lichte erloschen, und unglücklicher Weise stürzten gleichzeitig die Lehrbogen und Rüstungen zusammen und fielen auf die vier Leute, Brunel raffte sich auf und erreichte den andern Fahrweg, der von Geräthschaften frei gehalten war. Er stand hier eine kurze Zeit still, und rief seine Gefährten, aber das Wasser stieg sehr schnell, er mußte eilen und konnte zuletzt nur durch Schwimmen die Treppe erreichen. Seine Begleiter ertranken.

Manche Untersuchungen wurden noch vorgenommen, theils mit der Taucherglocke und theils auch im Innern, nachdem die Auskolkung gefüllt und das Wasser ausgepumpt war. Das Mauerwerk wurde unbeschädigt gefunden, aber der Schild war zerbrochen und ganz verschoben. Jedenfalls waren sehr bedeutende Kosten zum Wiederbeginn der Arbeiten erforderlich und wenn auch Brunel die Versicherung gab, daß mittelst der Taucherglocke und sorgfältiger Sicherung des Grundes ähnliche Unfälle für die Zukunft vermieden werden könnten, sobald der Schild durch gehörige Verstärkung und Erneuerung einzelner Theile wieder in Stand gesetzt sein würde, so war doch das Zutrauen zum ganzen Unternehmen so sehr erschüttert, auch die Geldmittel vollständig erschöpft. Die Arbeit mußte daher ganz unterbrochen werden.

Im Jahre 1835 bewilligte endlich das Parlament die nöthigen Summen zur Fortsetzung. Im März 1835 wurde der Bau wieder aufgenommen, und im September 1841, als ich die Arbeit sah, war man bereits soweit unter das nördliche Ufer gekommen, daß ein enger Schacht die Verbindung mit demselben darstellte. Welchen Schwierigkeiten man begegnet hatte, ließ sich auch damals noch

Nachdem bald mehr, bald minder flüssig, die Schlammmassen hervorquollen und oft in starken Strahlen herausspritzten. Im letzten Jahre wurde der Tunnel vollendet. Seine ganze Länge beträgt 1200 Fufs. Nachdem auf dem nördlichen Ufer in der See, wie auf dem südlichen noch ein Treppenturm heraufgeworfen war, fand endlich am 25. März 1843 die feierliche Eröffnung statt, und seitdem dient der Tunnel zum Durchgange für

Zwei Fahrwege von 11 Fufs Breite und nur durch die Gassen zwischen den Fußgänger-Banketen von einander getrennt unter der Themse hindurch, die Zugänge sind in der Regel durch gewöhnliche Wendeltreppen dargestellt, die für die Reiterei nicht nutzbar sind. In dem durch Gas erleuchteten Tunnel sind Läden eingerichtet, während wenige Fußgänger, wahrhaftig meist Fremde, hindurchgehn, da es viel bequemer und billiger ist, sich übersetzen zu lassen, als nahe 70 Fufs tief hinunter gehen so hoch wieder hinaufzusteigen, und dafür einen hohen Preis bezahlen.

§. 90.

Durchlässe und Brückencanäle.

Die Canäle zuweilen von einer Seite des Thals auf die andere zu führen, so kreuzen sie den Bach oder den Fluß der sie durchfließen. Außerdem dürfen sie auch die Seitenzuflüsse, die sie durchfließen, nicht absperrern, vielmehr müssen auch diese ihren Weg nach dem Hauptwasserlauf des Thals fortsetzen. Auf solche Art bilden sich bei den meisten Canälen viele Kreuzungen mit kleinern und größern Bächen und zuweilen mit Flüssen. Es entsteht die Frage, wie man diese am besten anzuordnen hat.

Canälen, welche im Flußbett selbst angelegt sind, wie beim Finow-Canal, kommen dergleichen Kreuzungen vor, da die Canäle selbst die tiefsten Schläuche der Gegend sind. Das Wasser fließt ihnen von beiden Seiten zu, und daselbst, wenn man das anschließende Terrain abflachen will, oder noch durch besondere Grabenanlagen für die

Vorfluth sorgen will, ungehindert eintreten lassen. Die bereits erwähnten Uebelstände, nämlich die Versandung und die Zuführung sehr großer Wassermassen sind hierbei unvermeidlich.

In frühern Zeiten pflegte man auch bei andern Canälen, die sich zur Seite eines natürlichen Wasserlaufs hinzogen, alle Zuflüsse des letztern, die den Canal kreuzten, hineintreten zu lassen, während man, wenn sie zu viel Wasser lieferten, das nicht mehr füglich durch die Schütze der Schleusen abgeführt werden konnte, dieses durch gewisse Wasserlösen an der Thalseite nach dem Fluß oder Bach ableitete. Bei Anlage des Canals du Midi ist ursprünglich in dieser Art verfahren, weil man es für zu bedenklich hielt, unter dem Canal auch nur den kleinsten Bach hindurch fließen zu lassen. Den Versandungen glaubte man aber dadurch vorzubeugen, daß man die Bäche aus gewissen Bassins, worin das Material sich niederschlagen sollte, eintreten ließ. Diese Vorsicht zeigte sich indessen ungenügend, und man hat daher später eine Anzahl Durchlässe erbaut, um das fremde Wasser ganz getrennt vom Canal unter demselben hindurchzuführen.

Noch viel weniger war der Canal du Midi, so oft er größere Bäche kreuzte, auf Brücken über dieselben geleitet. Er trat vielmehr von der einen Seite in sie hinein, und setzte sich gegenüber wieder fort. Bei kleinem Wasserstande, und wenn alle Sand- und Kiesablagerungen beseitigt waren, bot der Uebergang der Schiffe freilich keine Schwierigkeit. Sobald aber Hochwasser eintrat, was bei diesen Gebirgsflüssen sehr schnell erfolgt, so war nicht nur die Schiffahrt unterbrochen, sondern die Fluthen verbreiteten sich auch über die ganzen Canalhaltungen und füllten dieselben mit dem Material an, welches sie mit sich führten. Auf diese Art war nach dem Verlauf des Hochwassers die Schiffahrt gesperrt, bis man durch Baggern die Tiefe wieder hergestellt hatte.

Besonders bei der Kreuzung des Libronbaches waren diese Verflachungen überaus störend, indem sie sich bis 500 Ruthen weit in den Canal erstreckten. Im Jahr 1766 erbaute man daher ein Floß mit Seitenwänden und mit Klappen an jedem Ende, welches wie eine schwimmende Brücke, sobald der Libron zu wachsen anfing, über den Canal geschoben wurde, und worin der Fluß wie in einer Rinne herüberströmte, ohne sich mit dem Canal zu vereinigen. Nichts desto weniger drang durch die Fugen des Flosses dennoch

90. Durchlässe und Brückencanäle.

viel Sand hindurch, daß der Zweck keineswegs erreicht war. Ein Jahr später wurde daher ein Prahm mit festem Deck und auch mit Seitenwänden erbaut, der auf dem Wasser schwamm und nicht zu Boden sank, je nachdem er gefüllt oder leer war. Indem man ihn gewöhnlich leer schwimmen ließ, so konnte er leicht, sobald der Libron anschwellt an die passende Stelle gebracht und abgelassen werden, worauf alsdann die Fluthen herüberstürzten, ohne daß durch die Fugen des festen Decks und der Seitenwände Sand hindurch fiel. Nachdem die Anschwellung vorüber war, wurde mittelst einer Archimedischen Schnecke der Prahm entleert. Er hob sich alsdann, und sobald er schwimmend zurückgeführt war, konnte die Schifffahrt wieder eröffnet werden. Diese Einrichtung wurde als sehr zweckmäßig gerühmt, obwohl kaum zu erwarten, daß der Prahm bequem zu handhaben und dicht schließend einzustellen gewesen wäre, namentlich wenn der Fluß schon zu wachsen anfing. Daß übrigens das Bett des Flusses an dieser Stelle mit Mauern eingefast war, zwischen welche der Prahm genau paßte, bedarf kaum der Erwähnung.

Doch auch dieser Prahm entsprach keineswegs dem Bedürfnis, weil bei der Benutzung desselben die Schifffahrt jedesmal mehrere Tage unterbrochen wurde. Man wählte daher in neuerer Zeit eine andre eigenthümliche Anordnung. Das Bett des Libron wurde nämlich in zwei Arme gespalten und auf der Insel dazwischen bestand sich ein kleiner Hafen zur Aufnahme von einem oder zwei Schiffen, der mit dem Canal auf beiden Seiten in Verbindung steht. Das Hochwasser des Libron wird nun in dem einen, oder dem andern Arm über den Canal fortgeleitet, und zwar in je sechs kleinen Rinnen von etwa 7 Fufs Weite, und während diese in einem Arm den Bach abführen, kann der andre Arm des Libron gesperrt werden, und die Verbindung des Canals mit dem Hafen ist hier für die Schifffahrt offen. Nachdem die Schiffe durchgegangen sind, wird der Bach über diesen Arm geleitet, und die alte Verbindung mit der gegenüberliegenden Canalstrecke dargestellt. Jede Riane besteht aus zwei Theilen, die man, sobald sie den Bach aufnehmen sollen, von beiden Canalufeln aus aneinander schiebt. Sie hängen mittelst eiserner Stangen an Rollen, welche auf Schienen laufen und letztere ruhen auf massiven Bogen, unter welchen die Schiffe bequem hindurchfahren können. Vor den

Rinnen, die nur bei den höchsten Anschwellungen sämmtlich übergeschoben werden, befinden sich Schütze, welche sie sicher abschließen*). 1857 sah ich den Anfang dieses Baues. Ob derselbe seinen Zweck vollständig erfüllt hat, ist nicht bekannt geworden.

Der Canal de la Radelle ist in anderer Weise durch den Fluß Vidourle geführt. Letzterer ist nämlich zu beiden Seiten mit Mauern eingefasst, und in diesen befinden sich Oeffnungen, die der GröÙe der Canalschiffe entsprechen. Jede dieser Oeffnungen ist mit einem Schütz versehen, das gewöhnlich so hoch hängt, daß die Schiffe ungehindert darunter fahren können, es wird aber in dieser Stellung theils durch ein Gegengewicht, und theils durch Haken gehalten. Sobald der Fluß anschwillt, was sehr plötzlich geschieht, so darf der Wärter nur den Haken herausschlagen, worauf die Schütze von selbst herabfallen und zu beiden Seiten die Verbindung mit dem Canal sperren.

Hieran schließt sich diejenige Methode der Kreuzung, die man bei großen Strömen unbedingt wählen muß, und die man selbst bei kleinern Flüssen zuweilen gewählt hat. Sie besteht darin, daß man die beiderseitigen Canäle ganz von einander trennt, und jeden derselben in der Art in den Strom münden läßt, als ob sie nur mit diesem verbunden werden sollten. Die mit Kohlen beladenen Schiffe, welche den Canal, Lehigh-Navigation genannt, herabkommen, fahren bei Easton über den Delavare in den Morris Canal, um New-York zu erreichen. Beide Canäle, obwohl ihre Mündungen in den Delavare einander gegenüber liegen, stehn aber unter sich in keiner Verbindung, und jeder derselben tritt mittelst einer Schleuse in den Strom ein.

Nach demselben Princip hatte man auch den Canal du Midi über den Orb-Fluß geleitet. Die beiderseitigen Mündungen waren mit Schleusen versehen. Da jedoch der Fluß bei kleinem Wasser nicht die nöthige Fahrtiefe hatte, so mußte er unterhalb durch ein Wehr aufgestaut werden. Vor diesem Wehr fahren die Schiffe von dem einen Ufer zum andern, indem eine aufgesetzte Wand, gegen welche sie sich lehnen, das Herübertreiben über das Wehr verhindert. Es traten indessen bald Versandungen ein, und man führte daher vom linken Ufer aus eine einzelne vortretende declinante

*) Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen. Jahrgang 1869, Seite 73.

Bühne bis nahe an das rechte Ufer. Das Wehr, welches vom rechten nach dem linken Ufer stromabwärts geneigt war, wurde dagegen an der Seite des linken Ufers mit einer Oeffnung versehen, und sonach bildete man im Flußbette eine sehr scharfe Serpentine, deren Uebergang vom rechten auf das linke Ufer den Weg für die Canalschiffe darstellt. Hierbei wurde augenscheinlich der Vortheil aufgegeben, daß die beiden Mündungen einander gegenüber lagen. Die Schiffe, welche von dem rechten nach dem linken Ufer fahren, gehen mit dem starken Strom herab, in entgegengesetzter Richtung müssen sie aber mit großer Mühe aufgewunden werden, und in beiden Fällen ist der Uebergang, namentlich bei etwas höhern Wasserständen, mit Gefahr verbunden.

Bei größern Strömen, die selbst schiffbar sind, läßt sich die Verbindung mit den sie kreuzenden künstlichen Schiffahrtswegen nicht füglich umgehen und dieselbe ist sogar nothwendig, um die Schiffe aus den Canälen in die Ströme, und umgekehrt, gelangen zu lassen. In allen übrigen Fällen pflegt man dagegen in neuerer Zeit die Wasserläufe, denen ein Canal begegnet, so zu kreuzen, daß sie nicht in Verbindung gesetzt werden. Wenigstens sorgt man dafür, daß eine solche Verbindung, wenn sie bei kleinem Wasser auch besteht, und zur Speisung des Canals dient, doch aufgehoben werden kann, sobald höhere Wasserstände eintreten und eine Ueberlastung des Canals oder ein starkes Eintreiben von Sand und Kies besorgt werden kann. Eine Anordnung dieser Art ist bereits §. 83 beschrieben und Fig. 367 auf Taf. LIII dargestellt worden.

Am häufigsten geschieht es, wie auch in dem so eben erwähnten Fall, daß der Bach oder Fluß unter dem Canal hindurch geführt wird, also dieser in größerer Höhe, als jener sich befindet. Eine solche Anordnung bietet insofern die mindesten Schwierigkeiten bei der Ausführung, als die natürlichen Bachbetten schon die tiefsten Einsenkungen des Bodens zu verfolgen pflegen. Nichts desto weniger kommt es auch vor, daß man kleine Wasserläufe, namentlich künstliche Leitungen, in Gerinnen darüber führen muß. Besonders geschieht dieses mittelst Röhren, wenn feste Brücken über den Canal erbaut sind.

Die Ueberführung eines schiffbaren Canals über einen Bach oder Fluß ist nicht wesentlich von einer gewöhnlichen Brücken-

anlage auf Straßen oder Eisenbahnen verschieden, sie ist nur in sofern schwieriger und mit grössrer Sorgfalt auszuführen, als in diesem Fall die Bedingung hinzutritt, daß die Brücke wasserdicht sein muß. Sie verliert aber diese Eigenschaft leicht, da bei jedem Setzen des Gewölbes, oder beim Nachgeben eines Pfeilers oder eines Widerlagers Risse entstehn, welche die Wasserdichtigkeit aufheben.

Die GröÙe der Durchflußöffnung einer Brücke bestimmt sich aus der Wassermenge, welche der Bach oder Fluß zur Zeit seiner stärksten Anschwellung abführt. Es genügt freilich schon, die kleinste Oeffnung zur Abführung der größten Wassermenge, wenn die entsprechende Druckhöhe sich davor bilden kann. So lange nämlich nicht so viel Wasser abfließt, als zufließt, so steigt das Wasser vor der Brücke, die Druckhöhe nimmt also zu, und mit ihr die Geschwindigkeit, woher der Abfluß sich verstärkt. Dieses geschieht so lange, bis endlich der letztere dem Zufluß gleich wird. Nichts desto weniger, ist es bei Brückenanlagen nicht zulässig, die Stauböhe und die Geschwindigkeit zu sehr zu vergrößern. Eine übermäßige Geschwindigkeit des hindurchströmenden Wassers würde nämlich die Brücke selbst in Gefahr setzen, auch kann das weiter abwärts belegene Terrain dabei leiden. Namentlich entstehn dicht hinter einer sehr engen Durchflußöffnung tiefe Auskolkungen, welche die Fundirung der Brückenpfeiler gefährden. Stehn diese auf festem Felsboden, so ist die Gefahr geringer, und wenn man außerdem recht dauerhafte Steine und guten Mörtel angewendet hat, so ist eine starke Geschwindigkeit des Wassers, die vielleicht 15 bis 20 Fuß in der Secunde beträgt, in besonders hohen Fluthen noch zulässig. Dabei kommt freilich noch der Umstand in Betracht, ob vielleicht in solchem Fall Baumstämme und dergleichen massenhafte Körper hindurchtreiben, die durch den Stoß gegen die Brücke diese beschädigen könnten. Wenn eine Besorgniß solcher Art besteht, wird man zu starke Geschwindigkeiten vermeiden müssen. Bei Fundirungen auf aufgeschwemmten Boden pflegt man die Geschwindigkeit selbst in den äußersten Fällen nicht über 8 bis 10 Fuß anwachsen zu lassen.

Gewöhnlich ist die Rücksicht auf die Erhebung des Wasserspiegels vor der Brücke in noch höherem Grade maßgebend. Jedenfalls darf das Wasser nicht so hoch steigen, daß es über die

Wasser oder die Seitenmauern in den Canal tritt. Man wird aber, um dieses sicher zu verhindern, den äussern Wasserspiegel nicht über diese Höhe erreichen lassen. Ausserdem darf der durch die Brücke verursachte Stau auch nicht den umliegenden Aeckern, Gärten oder Gebäuden nachtheilig werden, und endlich pflegt man, wenigstens bei grössern überwölbten Oeffnungen, den Wasserspiegel noch nicht über die Anfänge der Bogen steigen zu lassen, damit schwimmende Körper und namentlich Eisschollen hindurchtreiben können, ohne an das Gewölbe zu stoßen.

Wenn die grösste Wassermenge bekannt wäre, welche der Bach oder Fluß bei besonders starken Anschwellungen abführt, so ließe sich mit Rücksicht auf das vorhandene Gefälle, die Weite und Höhe der Oeffnungen leicht bestimmen. Man hat indessen im Allgemeinen niemals Gelegenheit, die grösste Wassermenge direct zu messen. Näherungsweise kann man dieselbe aus der Ausdehnung des Flußgebietes finden (Theil I. § 6), indem man annimmt, daß von jeder Quadratmeile 300 bis 600 Cubikfuss in der Secunde abfließen. Bei kleinern Gebieten und für Gebirgsgegenden gilt die letzte Zahl, für Ebenen und ausgedehnte Flußgebiete dagegen die erste. Auch kann man aus den Profilen von Brücken, die über denselben Wasserläufe und zwar in der Nahe bereits erbaut sind, auf deren Angemessenheit schließen. Werden die Brücken heftig durchströmt oder auch wohl überströmt, so wird man ein grösseres Profil wählen müssen, dagegen genügt ein kleineres, wenn große Sand- und Kiesmassen sich darunter abgelagert haben. Man darf aber die Gefälle bei dieser Untersuchung nicht unbeachtet lassen. In ähnlicher Weise können auch besonders enge Profile in der Nahe, die von wasserfreien Ufern eingeschlossen sind, zum Anhalt dienen, wenn man sichere Nachrichten über das Verhalten der Strömung daselbst zur Zeit der höchsten Fluthen einziehen kann.

Demnächst pflegt man die Durchflußöffnungen, wenn auch nur geringe Wassermassen hindurchgeführt werden, doch so hoch und weit zu machen, daß man hindurchgehen kann, um theils die nöthigen Räumungen, theils auch bei Reparaturen das Ausfügen der Mauern vornehmen zu können. Wenn dagegen die abzuführende Wassermenge ein weites Profil fordert, ohne daß es aus andern Gründen, wie etwa mit Rücksicht auf den Eisgang, nöthig wäre, eine einzelne weite Durchflußöffnung darzustellen, so liegt

gemeinhin ein großer Vorthail darin, Zwischenpfeiler anzubringen und die Oeffnung in mehrere kleinere zu zerlegen. Dieses Verfahren findet nicht nur bei größern Brückencanälen Anwendung, sondern auch bei Durchlässen. Der Vorthail dabei bezieht sich aber nicht allein auf die größere Festigkeit eines kleinen Bogens, sondern häufig ist bei der gegebenen Höhenlage des Canals die Darstellung einer größern Pfeilhöhe des Gewölbes und eines weit gespannten Bogens unzulässig.

Sind die Durchflußöffnungen nur geringe, so pflegt man, wie auch bei Durchlässen unter Straßen geschieht, diese unter den beiderseitigen Dossirungen des Dammes fortzusetzen. Bei größeren Oeffnungen ist es dagegen wohlfeiler, das Gewölbe nur unter dem Bette des Schiffahrtsanals und den Leinpfaden auszuführen, und letztere gegen Stirnmauern zu lehnen.

Von den Vorsichtsmaasregeln, die man anwendet, um Filtrationen vorzubeugen, wird später ausführlicher die Rede sein, hier wäre in Betreff der Durchlässe, die mit Erde überschüttet werden, nur zu erwähnen, daß man in den beiderseitigen Canaldämmen zuweilen niedrige Mauern, ähnlich den sonstigen Stirnmauern, über die Gewölbe stellt, die, mit letztern gehörig verbunden, denselben Zweck, wie Heerdmauern haben, nämlich die Wasserader, die sich etwa längs der Fuge zwischen dem Gewölbe und der Erde hinziehen möchten, zu unterbrechen. Das Gewölbe wird mit einer wasserdichten und nach beiden Seiten abfallenden Abdeckung versehen, und die Erde darüber in dünnen Lagen aufgebracht und festgestampft. Die Sohle des Canals muß über den Durchlässen aber jedesmal noch besonders gedichtet werden (§ 87).

Zuweilen ist der Boden an der Stelle, wo der Canal einen Bach kreuzt, so sumpfig und lose, daß die Fundirung besonders schwierig erscheint. Alsdann ist es angemessen, eine Verlegung des Bachbettes vorzunehmen und den Durchlaß auf festern Grund zu stellen. Man erreicht dabei noch den Vorthail, daß man den Bau entweder ganz im Trocknen ausführen kann, oder doch wenigstens der Bach, der erst später hineingeleitet wird, während dieser Zeit davon entfernt bleibt. Außerdem muß der Durchlaß an einer Stelle sich befinden, wo der Bach einen ziemlich regelmäßigen Lauf hat, und man muß seine Ufer in der Nähe decken, damit dieselben nicht abbrechen und dadurch Einrisse entstehen, die

lässe gefährden könnten. In vielen Fällen hat man in der Anordnung der Durchlässe freie Wahl, und man verlegt sie besonders wenn es sich nur um kleine Wasserläufe handelt auf ziemlich weite Entfernungen. Auch kann man in die mehreren kleinen Bäche verbinden, und sie in einem gleichen Durchlaß unter dem Canal hindurchführen. Zuletzt man sie bis zur nächsten Schleuse und läßt sie unter den Boden derselben, in welchem man einen überwölbten stellt, auf die andere Seite treten. Diese Anordnung ist nicht zu empfehlen, weil das Mauerwerk der Schleuse da-
leidet.

tritt der Uebelstand ein, daß der Bach nicht tief unter dem Canal liegt, um unter der Sohle desselben noch geführt zu werden. Hat der Bach weiter abwärts ein starkes Gefälle, so kann man leicht durch Vertiefung seines Bettes ihn zum Eintritt in den Durchlaß senken, oder man kann mit Benutzung dieses Gefälles eine Strecke weit zur Seite führen, und ihn erst hindurchleiten, sobald er sich tief genug hat. Zuweilen ist es auch zulässig, den Bach in einen Graben um die nächst oberhalb gelegene Schleuse, wo der Canal in größerer Höhe sich befindet, herumzuführen, um die erforderliche Niveau-Differenz darzustellen. Jedem scheint es sich aber, den Seitenbach, der den Canal kreuzt, zu empfehlen, daß er mit gehörigem Gefälle unter diesem hindurchgeführt wird.

Man hat indessen häufig auf andre Art dieser Verlegenheit zu-
gesucht, nämlich mittelst der sogenannten heberförmigen Durchlässe. Die Benennung ist insofern nicht passend, als es ein Durchlaß, der tiefer als der Bach liegt, in den das Wasser von einer Seite herabstürzt, und aus dem es auf der andern Seite wieder bis zu seiner frühern Höhe ansteigt, kein eigentlicher Heber ist. Man muß in diesem Fall den Durchlaß auf beiden Seiten mit Kesseln oder Brunnen versehen, auch die Canäle erhöhen, daß sie beim Anschwellen des Baches nicht überfluthet oder durchbrochen werden. Im Uebrigen bietet eine solche Anordnung in der Ausführung keine Schwierigkeit, wohl aber kann dabei später leicht der Uebelstand ein, daß schweres Wasser, welches der Bach mit sich führt, durch den Fallkessel

herabstürzt, aber auf der andern Seite nicht wieder herausgetrieben wird. Es füllt sich also nach und nach der Durchlaß an. Aber auch selbst das feine Material wird bei schwacher Strömung darin niedergeschlagen, und lagert sich gemeinhin so fest, daß es auch bei der starken Strömung nicht gelöst und entfernt wird. Man muß daher künstliche Räumungen vornehmen. Diese sind aber mühsam, selbst wenn der Bach zu Zeiten ganz versiegt. Man muß zunächst das Wasser aus dem Durchlaß ausschöpfen, und wenn dieses geschehn ist, das Material nicht nur lösen und ausgraben, sondern es in dem Brunnen auch bis zur Höhe des Terrains heben. Bei dem Canal du Midi und andern Canälen hat der erwähnte Uebelstand sich als höchst erschwerend zu erkennen gegeben. Man hat ihn zuweilen dadurch etwas zu mäßigen versucht, daß man den Brunnen, aus welchem das Wasser abfließt, in einen offenen Graben mit flach ansteigender Sohle verwandelt hat. Man erreicht dadurch allerdings den Vortheil, daß man das abgegrabene Material bequemer aus dem Durchlaß auskarren kann, aber der größere Querschnitt giebt wieder Veranlassung, daß die Niederschläge um so stärker sind, und ihre Masse wird hierdurch keineswegs vermindert.

Eine andre Gefahr, welche diese Anordnung veranlaßt, bezieht sich auf den starken Druck, dem das Gewölbe des Durchlasses von der untern Seite ausgesetzt wird. Beim Seitencanal der Oise schwoll nach Minard's Mittheilung ein in solcher Art durchgeführter Bach etwa 3 Fuß hoch über den Wasserspiegel im Canal an, und obwohl die Seitendämme seinen Eintritt in den letztern verhinderten, so gab das Gewölbe des Durchlasses nach und wurde aufgehoben. Am Canal du Centre hat man diesem Uebelstande dadurch zu begegnen gesucht, daß man über das eigentliche Gewölbe des Durchlasses noch ein zweites und zwar ein verkehrtes spannte, welches sich gegen dieselben Widerlager, wie das untere, lehnte. Augenscheinlich erhält indessen hierbei die Decke des Durchlasses eine bedeutend größere Höhe, oder man muß den Durchlaß um so tiefer senken, und der oben erwähnte Uebelstand der Anfüllung desselben mit Erde und Steinen tritt alsdann um so leichter ein.

Statt massiver Durchlässe sind zuweilen auch hölzerne ~~am~~

geführt. Ihre Anwendung ist indessen wegen der geringen Dauerhaftigkeit des Holzes um so weniger zu empfehlen, als bei der Ueberschüttung mit Erde die Reparaturen sehr schwierig sind.

Dagegen lassen sich die Durchlässe in vielen Fällen sehr vortheilhaft durch gusseiserne Röhren ersetzen. Bei der gewöhnlichen Verbindung der einzelnen Röhrenstücke durch Vergiessen mit Blei, behält der ganze Strang einige Biegsamkeit, ohne dafs dabei seine Wasserdichtigkeit leidet. Dieser Umstand ist von grofser Wichtigkeit, insofern er, wenn der Boden nicht gar zu lose ist, die Ausführung eines festen Fundamentes unter der Röhrenleitung entbehrlich macht. Man braucht alsdann die Röhre nur auf den gehörig geebneten und angestampften Boden zu verlegen, und um die Uossungen der Dammschüttung dem Angriff zu entziehen, die beiden Mündungen mit kleinen Stirn- und Flügelmauern einzuschliesen. Wenn auch ein geringes Setzen des Dammes alsdann eintritt, so nimmt die Röhrenleitung hieran Theil, ohne dadurch in ihrer Wirksamkeit zu leiden. Man kann auf diese Art ziemlich bedeutende Wassermassen abführen, wenn man der Röhre einen entsprechenden Durchmesser giebt. Zuweilen ist dieser zu 3 Fufs angenommen, und es hindert nichts, auch mehrere solche Röhren neben einander zu legen.

Man hat mehrfach diese Leitungen so angeordnet, dafs sie nicht unmittelbar vom Bache gespeist werden, ihre obere Mündung vielmehr in der Seitenwand eines gemauerten Brunnens liegt, der etwa 3 bis 4 Fufs tiefer ist. Der Zweck desselben ist kein anderer, als der eines Schlammkastens. Er nimmt nämlich das Geschiebe auf, welches der Bach mit sich führt und verhindert dadurch das Verstopfen der Röhre. Doch ist es vortheilhaft, die Leitung so anzubringen, dafs man von beiden Enden aus mittelst geeigneter Apparate die Räumung, so oft es nöthig ist, vornehmen kann. Bei dem Canal St. Martin hat man die Leitung frei auf die Sohle des Canalbettes gelegt, um ohne Ausgrabungen dieselbe untersuchen, und wenn es nöthig ist, auch aufnehmen und vollständig reinigen zu können. Das Canalbette ist nämlich an diesen Stellen so viel vertieft, als die Röhren im äufsern Durchmesser hoch sind. Zwei Röhrenstücke greifen durch die beiderseitigen Mauern und sind darin gehörig befestigt. Die dazwischen oder im Canal selbst be-

findlichen Röhrenstücke sind aber durch aufgeschobene Muffen mit jenen und unter sich verbunden, so daß sie leicht gelöst und wieder verlegt werden können.

Man kann solche Röhren, auch ohne Filtration zu besorgen, durch Schleusen hindurchführen. Minard erwähnt, daß unter der Schleuse bei Arles auf diese Weise ein starker und zwar hoch gelegener Bach hindurchgeleitet worden. Bei der tiefen Lage des Canals mußte der Bach auf der einen Seite der Schleuse 19 Fuß gesenkt, und auf der andern eben so hoch wieder gehoben werden. Zwei gußeiserne Röhrenleitungen, jede von 3 Fuß 2 Zoll lichter Weite, sind in der einen Mauer des Oberhauptes senkrecht herabgeführt, gehen alsdann horizontal unter dem Oberboden hindurch, und steigen auf der andern Seite in der Mauer wieder herauf. Um das Eintreiben des gröbern Kiesel zu verhindern, ist ein eisernes Gitter vor die obere Mündung gestellt. Die feinem Stoffe werden aber durch die Strömung des Wassers auf der andern Seite wieder gehoben und herausgeführt. Wenigstens war, nachdem die Leitung fünf Jahre hindurch in Wirksamkeit gewesen, noch keine Veranlassung zu einer künstlichen Räumung geboten.

Wenn der Schiffahrts-Canal nicht einen Bach, sondern einen Fluß kreuzt, so geschieht dies nicht mehr mittelst eines Durchlasses, sondern auf einem Brücken-Canal. Beide Arten von Bauwerken unterscheiden sich vorzugsweise durch ihre Größe von einander, außerdem pflegt man aber mit der letzten Benennung nur einen solchen Bau zu bezeichnen, der eine vollständige Brücke mit Seitenwänden, wie Brustmauern bildet, wobei also, außer dem Thorschlage, keine Erdschüttung angebracht ist. Es fehlen die Seitendossirungen, wie auch die innern Dossirungen der Leinpfade, und letztere bestehn entweder aus vollen Mauern, oder aus Holz oder Eisen, und ruhn auf gemauerten Pfeilern, zuweilen auch auf Bogen oder eisernen Säulen. Die Anordnung dieser Bauwerke stimmt, wenigstens im Aeußern, mit der von gewöhnlichen Brücken überein, und man hat auf sie auch alle Constructionsarten angewendet, die bei letztern vorkommen. Nichts desto weniger besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden darin, daß die Brückencanäle eine größere Steifigkeit besitzen müssen, weil jede Bewegung die Besorgniß erregt, daß ihre Wasserdichtigkeit beeinträchtigt werden könnte.

Da die Anlagekosten eines Brückencanals nahe seiner Proportional sind, auch der Wasserverlust durch Filtration Grundfläche, also mit der Breite zunimmt, so pflegt man ihn möglichst zu verengen, und ihm keine grössere Breite, als unterirdischen Strecken zu geben. Ausserdem ist es in England nicht ungewöhnlich, den Leinpfad auf hölzernen eiserne Säulen zu stellen, damit unter denselben das Schiff vorbeifliessen kann, wodurch der Widerstand wesentlich vermindert wird.

Das Gewicht eines Brückencanals ist im Allgemeinen bedeutender als das einer andern Brücke, weil das Wasser darin, 4 bis 6 Fuss hoch gehalten werden muss. Dieses Gewicht vergrößert sich noch bedeutend, indem in Bezug auf die Wasserdichtigkeit besondere Verstärkungen und besondere Vorkehrungen erforderlich sind.

Ein massiver Brückencanal muss aus diesem Grunde noch stärker werden, als er sonst zu sein braucht, und sein Gewicht erfordert wieder festere Widerlager und Mittelstützen. Die Construction ist mit derjenigen der gewölbten Brücken übereinstimmend, nur die Rücksicht auf Wasserdichtigkeit erfordert Anwendung fester und dichter Steine und eines gut erhärtenden Mörtels, der auch vom Wasser nicht aufgelöst wird. Poröse Steine, die in andern Fällen zu Gewölben sehr brauchbar sind, dürfen unter einem Canal nicht vermauert werden. Durch den Canal über die Schwarzach auf dem Main-Donau-Canal ist Wasser wegen Undichtigkeit der Steine in grossen Massen herabgefallen, so dass Tropfen in solcher Grösse und Menge wie bei starkem Gewitterregen niederfielen.

Die erforderliche Stärke der Bogen lässt sich insofern sicherer, als bei gewöhnlichen Brücken ermitteln, als zufällige Belastungen ganz fehlen. Dass die Wölbsteine nicht vergossen werden, sondern in volle Mörtelfugen eingesetzt werden müssen, ist aus der Erwähnung. Da dieses aber bei Anwendung von Bausteinen leichter und sicherer ist, als bei grossen Werksteinen, so ist es vorzuziehen, die Gewölbe aus gebrannten Steinen, oder aus lagerhaften und roh bearbeiteten Bruchsteinen auszuführen. Jedenfalls ist es aber sehr nachtheilig, einzelne Ketten

von größern Werksteinen an den Stirnen oder im Innern einzubinden, weil alsdann ein ungleichmäßiges Setzen und das Entstehen von bedeutenden Rissen kaum vermieden werden kann.

Nachdem die Bogen ausgerüstet sind und sich gesetzt haben, übermauert man sie, und bringt alsdann gemeinhin noch mehrere Schichten fester flacher Steine auf, die gleichfalls in hydraulischen Mörtel vermauert werden. Darüber breitet man eine Bétonlage aus, und überdeckt dieselbe mit feinem Mörtelschichten, damit die Risse, welche sich beim Erhärten bilden möchten, durch die folgende Schicht unterbrochen werden. Man muß aber durch sorgfältiges Ueberdecken mit Stroh ein zu schnelles Erhärten zu verhindern suchen, weil dadurch die Bildung solcher Risse befördert wird.

Auf diese Weise ist es allerdings möglich, eine vollständige Wasserdichtigkeit darzustellen, aber sehr schwierig ist es, dieselbe dauernd zu erhalten. Der Grund hiervon ist in den Veränderungen und Bewegungen zu suchen, welche das Mauerwerk und die Bogen später theils in Folge des Setzens, vorzugsweise aber bei der Ausdehnung und dem Zusammenziehen in der Wärme und Kälte erfahren. Man hat versucht, diesem Uebelstande durch Anwendung eines elastischen Ueberzuges zu begegnen, wozu der Asphalt sich wohl am besten eignet. Auf dem sehr bedeutenden Brückencanal über die Mosel bei Liverdun hatte man von diesem Mittel Gebrauch gemacht. Zwischen den Stirnmauern, welche die Leitpfade bilden, wurde in verschiedenen Lagen ein Bétonbette aufgebracht, das über den Pfeilern 3 Fuß 2 Zoll und über den Scheiteln der Bogen 1 Fuß 7 Zoll stark war. Durch sorgfältiges Bedecken mit Stroh hatte man das Reißen des Bétons möglichst zu verhindern gesucht, und nachdem derselbe vollständig erhärtet war, brachte man eine nahe 7 Linien starke Lage Asphalt auf, in welche, während sie noch flüssig war, kleine flache Steinchen eingedrückt wurden. Auf diesen Mosaikboden wurde eine starke Lage Sand geschüttet, und darüber ein Pflaster von behauenen Steinen gebildet. Letzteres war nothwendig, um den Asphalt vor Beschädigungen beim Einsetzen der Stangen zu schützen. Als ich diesen Brückencanal sah, war er mit Wasser gefüllt, und in allen Brückenöffnungen, welche beim kleinen Wasserstande der Mosel zugänglich waren, zeigten sich die untern Flächen der Gewölbe vollkommen trocken, nur an

gen Stelle zur Seite eines Mittelpfeilers war das Mauerwerk feucht. Die Wasserdichtigkeit war hier also beinahe erreicht, aber der Asphalt war auch erst in demselben gebracht und bedeutende Temperatur-Veränderungen seitdem nicht eingetreten.

In England vielfach ausgeführten massiven Brückencanälen man die Dichtung der Sohle nicht sowohl durch die Füllung mit Béton und hydraulischem Mörtel zu erreichen, obwohl auch dieses zuweilen geschieht, als vielmehr durch die Bildung einer Puddle-Bettung. Dieselbe erfüllt auch ihren Zweck, solange der Canal mit Wasser gefüllt bleibt. Wenn man längere Zeit hindurch das Bett trocken läßt, und wenn starker Frost eintritt, so reißt sie, und die Canalwand wird undicht geworden lassen sich aladann nicht anders, als durch Erneuerung der Puddle wieder schliessen.

Die Darstellung eines wasserdichten Anschlusses der Erde an den in den beiderseitigen angrenzenden Strecken an den Brückencanal ist schwer darzustellen und in verschiedenen Fällen noch schwerer zu erhalten. Man pflegt wohl, um einen allmählichen Uebergang zu bilden, der Erde in der Nähe der Canalwand zu zusetzen, und zunächst neben dem Widerlager sogar Mörtel, der sehr viel Sand enthält, zu verwenden, der so wie die Erde lagenweise aufgebracht und fest gedrückt wird.

Auch wirkt auf die massiven Brückencanäle noch der Frost theilhaftig ein. Bei ihrer ganz freien Lage würde das darin befindliche Wasser sich nicht nur mit einer Eisdecke überziehen, wie bei Canalstrecken, sondern außerdem auch vollständig gefrieren und dabei die Seitenmauern herausdrängen. Um dieses zu vermeiden, pflegt man bei eintretendem Frost jeden Brückencanal zu vermauern. Dieses ist insofern leicht, als gemeinhin dicht daneben eine Schleuse liegt, und man die nachst oberhalb belegene Canalwand durch Einsetzen von Dammbalken davon absperrren kann. Leidet der Béton, wenn er nicht mehr vom Wasser bedeckt ist, vollständig austrocknet, besonders, wenn er dabei auch dem Froste ausgesetzt ist. Unter dem Union-Canal bei Edinburg richtete man deshalb eine Heizung ein, indem ein Luftcanal von dem Canal zum andern hindurchgelegt wurde, der von der Feuerung

auf der einen Seite zum gegenüberstehenden hohen Rauchfange führte. Man bemerkte indessen, daß es selbst bei stärkerer Kälte der Feurung nicht bedurfte, indem schon ohne solche die wärmere Luft aus dem für die Feurung bestimmten Souterrain fortwährend die Röhre durchstrich und das Gefrieren des Wassers verhinderte. Im nördlichen Deutschland dürfte man ein so günstiges Resultat nicht erwarten.

Es mag noch des Falles erwähnt werden, daß eine in gewöhnlicher Weise ausgeführte Canalstrecke ohne lange Störung des Betriebes später in einen Brückencanal verwandelt werden soll. Dieses geschah bei dem Kennet-Avon-Canal, unter dem neben der Ueberbrückung desselben über den Avon, ohnfern Bristol, die Bradford-Bathampton-Bahn durchgeführt werden sollte. Die Niveaudifferenz zwischen den Eisenbahnschienen und der Sohle des Canals betrug nur 21 Fuß. Man ging mit möglichst engen Stollen von beiden Seiten gegen den Canal und beabsichtigte, zunächst die Widerlager des Gewölbes in Béton bis zum gewachsenen Boden auszuführen, alsdann aber die Bogen darüber zu spannen. Nur während Letzteres unmittelbar unter der Sohle des Canals geschah, sollte derselbe trocken gelegt werden.

Man hatte sich indessen in der Untersuchung des Bodens sehr getäuscht. Der blaue Thon lag viel tiefer, und die Erde darüber war nicht fester Thon, wie man erwartet hatte, sondern die zum Theil aus Steinen und Gerölle bestehende Aufschüttung, welche das Canalbette trug. Der starke Wasserzudrang schon in einigen Abstände vom Canal gab Veranlassung, statt eines Bogens, zwei auszuführen, oder jedes Geleise in einen besondern Tunnel zu legen, wodurch einige Fuß an Höhe erspart wurden. Doch auch dieses genügte nicht. Der Canal wurde trocken gelegt, etwas vertieft und erweitert und in seiner Sohle, wie auf die Dossirungen 5 Zoll starke Hölzer neben einander gelegt, darüber Faschinen gepackt und 2 Fuß hoch fetter Thon aufgebracht und angestampft.

Sobald indessen die Schiffahrt wieder eröffnet wurde, genügte auch dieses nicht. Man versuchte daher noch zu beiden Seiten der Canalsohle dicht schließende Balkenreihen einzurammen, bis zu welchen die Ueberwölbung ausgeführt werden sollte, bevor man den Canal trocken legte. Bevor man indessen die Wände erreicht hatte, brach das Wasser vollständig durch, und nunmehr blieb nur

Die Canalstrecke auf längere Zeit trocken zu legen und während die Bogen der Brücke zu spannen und zu überdecken. Holz-Constructionen sind bei Brückencanälen, namentlich neuerer Zeit, vielfach angewendet. Sie sind freilich sehr verwerflich und erfordern mehr Reparaturen, als der Massivbau, aber nicht zu verkennen, daß sie vor dem letztern den wesentlichen Vorzug einer größern Wasserdichtigkeit haben, und dieselbe, wenn irgendwo ein Leck zeigen sollte, leicht wieder hergestellt werden kann, vorausgesetzt, daß die Rinne, die den Canal bildet, leicht zugänglich ist. Grosse Seeschiffe, die 15 bis 20 Fufs, wohl noch tiefer eintauchen, werden so sicher gedichtet, daß bedeutende Wassermassen unter dem starken Druck eindringen. Es ist daher leicht, unter Anwendung derselben Mittel einen Canal zu dichten, der nur wenige Fufs hoch mit Wasser gefüllt wird. Die hölzerne Rinne besitzt aber immer eine gewisse Leaksamkeit, und kann daher, selbst wenn die Joche oder die Wände etwas nachgeben sollten, ihre Wasserdichtigkeit behalten, wenn diese beeinträchtigt wird, so ist sie leicht wieder herzustellen.

Schwieriger ist es allerdings, einen gehörig dichten Anschluß des Holzes an die beiderseitigen Erdschüttungen zu bilden. Wenn dieses auch nicht vollständig gelingt, so pflegt dieser Wasserverlust doch nicht größer zu sein, als bei massiven Brücken.

Der Canal von Givors ist nach der Mittheilung von Schulz*) eine hölzerne Brücke geführt, die sieben Oeffnungen von 10 bis 12 Fufs Weite hat. Sie ruht auf gewöhnlichen Pfahljochen, an deren Enden verstreute Wände aufgestellt sind, welche die beiderseitigen Leinpfade tragen, während Balken dicht schließend und über Spundungen versehen die Sohle und Seitenwände bilden. Die Leinpfade sind wie bei Schiffen gedichtet, und der Sicherheit wegen mit Bohlen übernagelt.

In America sind hölzerne Brückencanäle vielfach angewendet worden, und zum Theil mit sehr weiten Spannungen. Ein ähnlicher Vorschlag für einen solchen verdient zunächst Erwähnung, wenn es gleich zweifelhaft ist, ob derselbe irgendwo zur

Ausführung gekommen ist*). Der Ingénieur für den Rideau-Canal in Canada, M'Taggart, beabsichtigte nämlich, um der Erbauung von Pfeilern oder hölzernen Jochen überhoben zu sein, in einem mit starken Bäumen bewachsenen Thale, welches überschritten werden sollte, diese Bäume nicht zu fällen und sie alsdann einzurammen oder als Jochwände zu verzimmern, sondern sie so zu benutzen, wie sie von Natur standen. Er wollte sie also in der passenden Höhe abschneiden, Holme darauf legen, und hierüber die Balken strecken, welche die Sohle des Canals bilden sollten.

Einer der bedeutendsten Brückencanäle wurde 1829 über den Alleghany-Fluss bei Pittsburg im Pennsylvania-Canal erbaut. Er war 1060 Fufs lang und hatte sieben Oeffnungen von 145 Fufs lichter Weite. Die Canalrinne war oben 16, unten 15 Fufs breit und 5 Fufs hoch. Es wurde darin ein Wasserstand von 4 Fufs 3 Zoll gehalten. Auf jeder Seite befand sich ein Leinpfad für Pferde von nahe 4 Fufs Breite, der jedoch von dem Canal jedesmal durch ein niedriges Sprengewerk getrennt war, worüber die Leine glitt, und welches zugleich die Brustlehne bildete. Vier Sprengewerke überspannten jede Oeffnung, und jedes derselben bestand aus einer verstreuten Wand, an welche sich zu beiden Seiten hölzerne Bogen, aus je drei Rippen bestehend, anschlossen. Die äufsern beiden Sprengewerke setzten sich bis zu grösserer Höhe fort und trugen Querbalken, worauf eine leichte Verdachung ruhte. Die Rinne, welche den eigentlichen Canal bildete, bestand nur aus Halbhölzern, die stumpf an einander gelegt, und in den Fugen wie ein Schiff durch eingetriebenes Werg und darüber gegossnem Pech gedichtet waren**).

Dieser Bau ist indessen gegenwärtig nicht mehr vorhanden. Im September 1844 wurde er abgetragen und im Mai des folgenden Jahres gingen die Schiffe bereits über den neuen Brückencanal, der als Hänge-Brücke von Drahtseilen getragen wird. Es ist dieses das erste Beispiel, dafs ein grösserer Canal an Ketten oder

*) *Sketch of the Civil Engineering of North-America by D. Stearns* pag. 194.

**) *The Civil Engineer and Architect's Journal.* 1842. pag. 361.

hängt worden. Navier schlug freilich schon 1823*) eine Anwendung des Systems der Hängebrücken vor, man lassen wahrscheinlich mit Rücksicht auf die Schwankungen nicht Gebrauch machen mögen, und augenscheinlich würde Erdichtigkeit der Rinne in hohem Grade gefährdet werden, wenn der Canal etwa durch Stürme in Bewegung gesetzt sollte. Ein solcher Canal ist indessen in andrer Beziehung vor Einbiegungen oder Schwankungen in vertikaler Richtung gesichert, als jede andre Brücke, weil er immer gleichlastet bleibt. Selbst wenn das schwerste Schiff hinübervergrößert dieses weder die Belastung im Allgemeinen, noch an derjenigen Stelle, wo es sich gerade befindet, denn das hängende Wasser wiegt eben so viel, wie das Schiff, welches alle einnimmt. Die Belastung bleibt also nicht nur constant, sondern auch gleichmäfsig über die ganze Länge vertheilt. Und einzelne Menschen, welche auf den Leinpfaden gehn, über bei dem sehr grofsen Gewicht des Wassers keine merklichen Erschütterungen veranlassen.

Der neue Brückencanal bei Pittsburg hat ein hölzernes Bett, 16½, unten 14 Fufs weit und 8 Fufs hoch ist. Es besteht aus Bohlen im Boden, als in den beiden Seitenwänden aus zwei Lagen Bohlen von 2½ Zoll Stärke. Die Bohlen in beiden Lagen sind in diagonalen Richtungen aufgebracht und kreuzen sich in rechten Winkeln. Sie bilden daher sowohl in horizontaler, als in vertikaler Richtung eine Art von Gitterwänden, welche dem Canal eine grofse Steifigkeit geben, und selbst bei heftigen Stößen ein Schwanken ganz verhindern sollen. In Abständen von 10 Fufs ruht die hölzerne Rinne auf je zwei neben einander liegenden Querbalken, die zwischen sich die beiderseitigen Rüstungen der Leinpfade tragen. Die Leinpfade sind 7 Fufs breit, und hängen sich an die Seitenwände des Canals an. Der Wasserstand misst 4 Fufs.

Die ganze Länge des Aquaducts ist 1106 Fufs. Die Pfeiler, theils unmittelbar den Canal, theils auch die Pyramiden auf welchen das Drahtseil aufliegt, sind von Mitte zu Mitte

155 Fuß von einander entfernt. Zwei Drahtseile unterstützen die frei liegenden Theile des Canals, indem von denselben Hängeeisen bis zu den Satteln herabreichen, auf welchen die oben erwähnten doppelten Balken liegen. Jedes Seil reicht von der Pyramide eines Stirnpfeilers bis zu der auf dem andern Stirnpfeiler gegenüber stehenden Pyramide. Es ist 1140 Fuß lang, 7 Zoll stark und besteht aus 1900 einzelnen Drähten von $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser*).

Endlich sind auch die Brückencanäle zuweilen in Gufseisen ausgeführt. Namentlich ist dieses in England geschehn.

Telford baute den Ellesmere-Canal, und führte denselben über den Chirk-Fluss. Dabei beabsichtigte er in üblicher Weise den Canal auf massive Bogen zu legen. Dieses ist auch geschehn, aber dennoch wurde schon in diesem Fall das Gufseisen zur Darstellung der Sohle benutzt. Das gewöhnliche Verfahren, das Mauerwerk mit einem Puddle-Bette zu überdecken, stellte nach vielfachen Erfahrungen keine genügende Wasserdichtigkeit dar, oder wenn diese anfangs auch wirklich erreicht war, so verschwand sie bald, und namentlich bei starkem Frost. Telford erwähnt, daß auch an den von Brindley ausgeführten Canälen manche bedeutende Beschädigungen in dieser Beziehung vorkommen, und manche Gewölbe eingestürzt sind. Er hielt es daher für nothwendig, den Canal mit einer Sohle zu versehen, die nicht nur beim Frost nicht litt, wenn das Wasser abgelassen war, sondern welche auch die beiderseitigen Brustmauern oder die Leinpfade fest verankerte. Hierzu schienen gufseiserne Platten am geeignetesten. Der Brücken-Canal ist im Ganzen 689 Fuß lang, und liegt 68 Fuß über dem gewöhnlichen Wasserspiegel des Chirk. Er hat 10 Oeffnungen von 39 Fuß Spannung, und die Mittelpfeiler sind 13 Fuß stark. Die Pfeiler wurden im obern Theil hohl aufgeführt, so daß 4 senkrechte Oeffnungen sich in jedem bildeten. Die beiden äußern wurden mit starken Steinplatten überdeckt, indem die massiven Leinpfade darauf ruhn. Die beiden mittlern blieben dagegen offen. Die mittlere Scheidewand diente nur zur Unterstützung der Sohlplatten. In gleicher Weise wurden auch auf die massiven Bogen fünf getrennte Mauern gestellt. Die gufseisernen Sohlplatten, 11 Fuß lang, 4 Fuß 1 Zoll breit und 1 Zoll stark, überspannen

*) *The Civil Engineer and Architect's Journal*. 1846. pag. 47.

ganze Sohle, und greifen noch 6 Zoll tief in jede Brustmauer, woselbst sie durch starke Bolzen mit festen Quadersteinen verbunden sind. Die Stöße der Platten, sämmtlich nach der Quere des Canals gerichtet, werden durch umgebogene Ränder gebildet, zusammengeschoben sind. Telford theilt nicht mit, ob Eisen oder eine andre Zwischenlage, vielleicht Leder oder Bleifen, zur Dichtung der Fugen benutzt worden. Das Canalbette zwischen 10 Fufs, im Wasserspiegel 11 Fufs breit und 5 Fufs tief, ist von Brüstungsmauern, auf den äussern Seiten lothrecht aufgeführt, und in der Krone die Breite von 5 Fufs 4 Zoll, und dienen zugleich als Leinpfade. Auswärts sind sie mit eisernen Geländern gefasst. Dieser Brückencanal wurde 1796 erbaut.

Ohngefähr in derselben Zeit baute Telford den Birmingham-Liverpool-Verbindungs-Canal, der bei Nantwich über die Strasse von London nach Chester geführt werden mußte. Hier wurde zum ersten Mal das ganze Canalbette aus Gufseisen gebildet, und aus sechs gufseiserne Bogen gestellt. Die Spannung betrug 30 Fufs, der Canal erhielt die Breite von 20 Fufs, wovon jedoch nur der mittlere Theil zum Durchgang der Schiffe diente, indem auf jeder Seite ein 4 Fufs breiter Leinpfad darüber trat, der auf hohen Säulen ruhte. Hierdurch wurde der Vortheil erreicht, daß das Wasser leicht an den Schiffen vorbeifliessen konnte.

Im Anfang dieses Jahrhunderts wurde der Ellesmere-Canal weiter ausgedehnt, und sollte über den Dee-Fluss geführt werden. Das Thal des letztern lag über 100 Fufs unter dem Canal, und dachte zunächst daran, den Canal in mehreren Schleusen auf einer Seite herab, und auf der andern wieder heraufzuführen, da man eine Ueberbrückung in der Höhe von 123 Fufs über den Fluss für zu gewagt hielt. Man mußte indessen hiervon ablassen, weil es an dem nöthigen Speisewasser fehlte, um die Schleusen auf der andern Seite des Thals zu füllen. Nachdem bereits der gufseiserne Brückencanal bei Nantwich ausgeführt war, entschloß sich Telford, eine ähnliche Construction auch hier anzulegen, wodurch der ganze Bau sehr erleichtert, und dadurch jede Besorgniß in Bezug auf seine Stabilität beseitigt wurde.

Dieser Brückencanal, eines der kühnsten und dabei gelungensten Bauwerke, ist unter dem Namen der Cysylte-Brücke bekannt. Auf dem einen Ufer des Dee fällt ziemlich steil ab, während das andre

sich sanft senkt. Um den Bau nicht zu lang werden zu lassen, führte Telford auf dem letztern Ufer eine 1450 Fufs lange Schüttung aus, auf welcher der Canal zwischen Erddämmen so weit fortgeführt wurde, bis das Thal sich 73 Fufs darunter gesenkt hatte. An diesem Punkt beginnt der eigentliche Brückencanal, der noch 976 Fufs lang ist. Er hat neunzehn Oeffnungen, die oben 45 Fufs weit sind. Drei derselben treffen in das Flussbette. Die Pfeiler sind in der Höhe des mittlern Wasserspiegels, also 124 Fufs unter dem Canal, 20 Fufs lang (in der Richtung des Flusses) und 12 Fufs breit, oben dagegen 13 Fufs lang und $7\frac{1}{2}$ Fufs breit. Sie sind auf festem Sandstein gegründet und 70 Fufs hoch massiv angeführt. Ihr oberer Theil ist hohl, indem nur eine 2 Fufs starke Mauer aus Werksteinen sie umgiebt, und eine Mittelmauer in der Richtung des Canals hindurchgeführt ist. Dieses geschah theils in der Absicht, den Schwerpunkt zu senken, und dadurch die Stabilität dieser überaus schlanken Pfeiler zu vergrößern, theils auch in der Ueberzeugung, dass grofse Mauermassen nie mit der gehörigen Sorgfalt ausgeführt werden, und daher auch weniger sicher verbunden sind, als schwächere Mauern (§. 4). Die Pfeiler wurden ziemlich gleichmäfsig erbaut, und blieben stets durch leichte Laufbrücken mit einander verbunden, auf welchen das Material beigebracht wurde, indem man vermeiden wollte, dasselbe zuerst bis zum Thal herabzulassen, und es alsdann wieder aufzuwinden.

Die Pfeiler erheben sich, wie Fig. 379 auf Taf. LV zeigt, bis zur Canalsohle, und unter derselben sind jedesmal vier gusseiserne Bogen gespannt. Die Anordnung dieser Bogen stimmt mit derjenigen überein, die man bei gusseisernen Bogenbrücken zu wählen pflegte. Jeder einzelne Bogen besteht aus drei Theilen, und wo dieselben zusammenstossen, berühren sie sich nicht unmittelbar, sondern sind durch gusseiserne Stofsplatten von einander getrennt, welche die vier Bogen unter sich verbinden und ihren gegenseitigen Abstand sichern. Aehnliche Platten, nämlich die Widerlagsplatten, verbinden die Enden der Bogen mit den Pfeilern. Horizontale Diagonal-Stangen, zwischen je zwei Bogen geschraubt, verhindern aber das Verschieben nach der Seite. Endlich wäre noch in Betreff dieser Bogen zu erwähnen, dass die beiden äufsern jedesmal von innen mit Eisenblech verkleidet sind.

Auf den vier Bogenrippen ruht das gusseiserne Canalbette.

Dasselbe ist im Lichten 11 Fuß 4 Zoll weit, und 5 Fuß 2 Zoll hoch, während der Wasserstand darin 4 Fuß 6 Zoll misst. Es besteht sowohl in der Sohle, als in den Wänden aus gusseisernen Platten. Die Bodenplatten überspannen die Bogenrippen und ragen über dieselben noch 9 Zoll vor. Ihre Breite beträgt 5 Fuß. Sie sind mittelst vorstehender Ränder auf der obern Seite zusammengeschoben. Ihre äußern Ränder, die noch durch Verstärkungsrippen unterstützt sind, dienen zur Befestigung der Seitenplatten. Letztere, nach Art eines scheidrechten Bogens zusammengesetzt, haben wieder, sowohl unten, wie an beiden Seiten vorstehende Ränder, mittelst deren sie mit den Sohlplatten, und unter sich durch Schraubenbolzen verbunden sind. Die lothrecht oder schräge herabreichenden Ränder dienen aber zugleich, wie Fig. 379 *b* zeigt, als Streben gegen den Seitendruck des Wassers.

In beiden Figuren sieht man die im Canal aufgestellten und unter sich verstreuten leichten Holzwände, welche den 4 Fuß 6 Zoll breiten Leinpfad an der einen Seite tragen. Derselbe ist mit Bohlen überdeckt, die auf der Canalseite durch eine hölzerne Saumschwelle, und auf der äußern Seite durch ein hohes Eckeisen gehalten werden. An letzteres ist das leichte Geländer befestigt, während eine dünne Thon- und Kiesschüttung die Bohlen überdeckt und als Chaussirung des Leinpfades dient.

Dieser Bau wurde 1805 eröffnet, er hat sich seitdem vortrefflich gehalten und Dupin sowohl, als Minard, welche ihn genau untersuchten, rühmen seine Wasserdichtigkeit. Namentlich sagt Minard, er habe bei aufmerksamer Betrachtung der Bogen über dem rechten Ufer des Dee nur bemerken können, daß etwa alle 5 Minuten ein Tropfen herabfiel. Im Jahr 1841 sah ich denselben Brückencanal in sehr gutem Zustande und auf meine Anfrage wurde mir von dem Aufseher gesagt, er wisse nicht, daß je eine namhafte Reparatur dabei vorgenommen sei.

Schließlich mag noch der in neuerer Zeit erbaute Brückencanal über den Calder bei Stanley in England erwähnt werden, der in sofern wichtig ist, als selbst kleinere Seeschiffe bis 6½ Fuß Tiefgang, darüber gehn.

Da man schon eine sehr enge Stelle zur Ueberbrückung gewählt hatte, so durfte der Fluß nicht weiter eingeschränkt werden, und ohne Mittelpfeiler mußte man eine Oeffnung von 150½ Fuß

Weite überspannen. Zwei Bogen aus durchbrochenen gusseisernen Platten zusammengesetzt, tragen den Canal, der auf ihnen aufruht, während er im größten Theil seiner Länge an dieselben gehängt ist. Der Canal, gleichfalls aus Gussplatten zusammengesetzt, ist $23\frac{1}{2}$ Fuß breit und nahe 9 Fuß hoch. Auf jeder Seite befindet sich ein Leinpfad von $3\frac{1}{2}$ Fuß Breite*).

Auffallend ist es, daß man, soviel bekannt, noch nie Brücken aus gewalztem Eisen ausgeführt hat, welches man in neuerer Zeit im Schiffbau allgemein verwendet, selbst bei Wasserdruck 20 Fuß und mehr trägt.

*) Förster's allgemeine Bauzeitung 1858, Seite 232.

Vierzehnter Abschnitt.

—

E i n d e i c h u n g e n .

Weite überspannen. Zwei Bogen aus durchbrochenen gusseisernen Platten zusammengesetzt, tragen den Canal, der auf ihren Anfängen ruht, während er im größten Theil seiner Länge an dieselben angehängt ist. Der Canal, gleichfalls aus Gussplatten zusammengesetzt, ist $23\frac{1}{2}$ Fufs breit und nahe 9 Fufs hoch. Auf jeder Seite befindet sich ein Leinpfad von $3\frac{1}{2}$ Fufs Breite*).

Auffallend ist es, daß man, soviel bekannt, noch nie Brücken- canäle aus gewalztem Eisen ausgeführt hat, welches man doch in neuerer Zeit im Schiffbau allgemein verwendet, selbst wenn der Wasserdruck 20 Fufs und mehr beträgt.

*) Förster's allgemeine Bauzeitung 1858, Seite 232.

Vierzehnter Abschnitt.



E i n d e i c h u n g e n .

Weite überspannen. Zwei Bogen aus durchbrochenen gusseisernen Platten zusammengesetzt, tragen den Canal, der auf ihren Anfängen ruht, während er im größten Theil seiner Länge an dieselben angehängt ist. Der Canal, gleichfalls aus Gussplatten zusammengesetzt, ist $23\frac{1}{2}$ Fuß breit und nahe 9 Fuß hoch. Auf jeder Seite befindet sich ein Leinpfad von $3\frac{1}{4}$ Fuß Breite*).

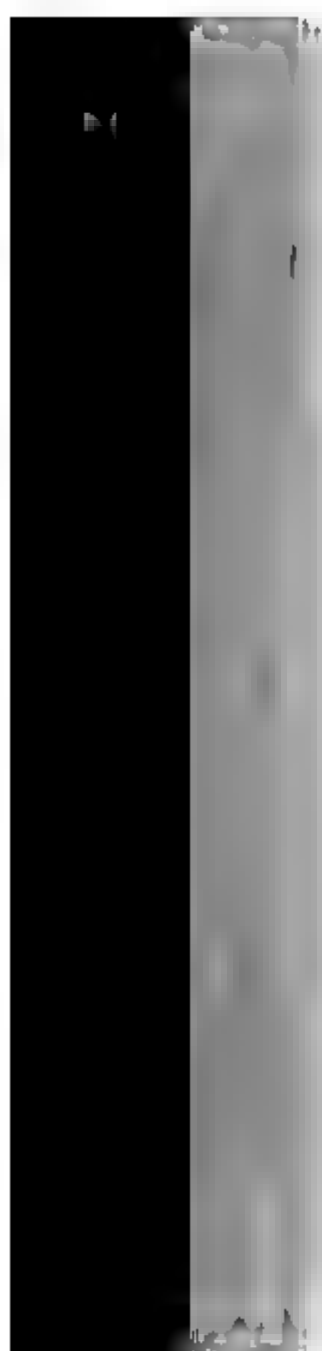
Auffallend ist es, daß man, soviel bekannt, noch nie Brücken-
canäle aus gewalztem Eisen ausgeführt hat, welches man doch in neuerer Zeit im Schiffbau allgemein verwendet, selbst wenn der Wasserdruck 20 Fuß und mehr beträgt.

*) Förster's allgemeine Bauzeitung 1858, Seite 232.

Vierzehnter Abschnitt.



E i n d e i c h u n g e n .



§. 91.

Anordnung der Deiche.

Die Eindeichungen niedriger Stromthäler stehn in naher Beziehung zu den Entwässerungen sumpfiger Gegenden, wovon schon im vierten Abschnitt des ersten Theils dieses Werkes die Rede war.

Eben so wie man jene vor fremdem Wasser schützt, so vernachlässigt man auch die zur Seite der Ströme erbauten Erddämme, die Deiche nennt, das Eindringen des Hochwassers in die darin belegenen Niederungen. Letztere werden dadurch vor den Beschädigungen gesichert, welche sowohl die Ueberfluthung, als die heftige Ueberströmung an den Saaten und sonstigen Culturen, wie auch an Gebäuden und am Boden selbst veranlassen könnte. Die eingedeichten Ländereien werden zum Getreidebau gemacht, und ihre Entwässerung läßt sich vollständiger, früher ausführen. In solchen Stromtheilen, die dem Wechsel Fluth und Ebbe des Meers noch nicht ausgesetzt sind, treten Anschwellungen nur in längern Zwischenzeiten und größtentheils zu bestimmten Jahreszeiten ein, während an den Küsten des Weltmeers und der damit unmittelbar verbundenen Meerbusen, so wie in den Mündungen der Ströme, die sich in diese ergießen, der Wechsel von Hoch- und Niedrig-Wasser in wenig Stunden sich erneuert. Bei letztern haben die Deiche in mehrfacher Beziehung eine andre Bedeutung, und die Bedingungen ihrer Anordnung, so auch der zugehörigen Anlagen sind wesentlich verschieden von denen der Flußdeiche. Auf die Seedeiche wird daher im dritten Theile dieses Werkes zurückgekommen werden, und es erscheint am besten, alsdann alle Anlagen zu behandeln, welche sich auf den Wechsel der Fluth und Ebbe beziehen. Hier sollen nur die

eigentlichen Stromdeiche behandelt werden, welche solchem Wechsel nicht ausgesetzt sind.

Es muß zunächst auf einige Verschiedenheiten in dem Zweck und in der Anordnung der Stromdeiche aufmerksam gemacht werden. Dieselben sollen zuweilen nur den Verheerungen der Ueberströmung vorbeugen. Namentlich geschieht dieses, wenn der Strom zwischen niedrigen Ufern eine starke Serpentine bildet. Das kleine Wasser folgt alsdann dem gekrümmten Bette, sobald aber die Ufer hoch überfluthet werden, so verläßt der Strom seinen frühern Lauf, und schneidet die Krümmung ab. Indem er aber auf dem geraderen Wege ein stärkeres relatives Gefälle findet, so ergießt er sich mit großer Heftigkeit über das Terrain und bedeckt dasselbe theils mit Sand und Kies, theils greift er es aber auch an, indem er einzelne Löcher und selbst zusammenhängende Rinnen darin ausspült, wenn aber der Boden als Ackerland benutzt wird, so reißt er die fruchtbare Erddecke fort. Um dieses zu verhindern, durchschneidet man den Zug des Hochwassers auf dem Terrain, welches man schützen will, mit einem Deich. Derselbe entzieht keinen Theil des Ufers der Ueberfluthung oder der Inundation, weil das Hochwasser unterhalb des Deichs frei eintreten kann. Eine solche Anlage nennt man eine offene Eindeichung. Bis wie weit man den Deich dem Scheitel der Serpentine nähern darf, soll später untersucht werden, da die betreffenden Bedingungen allen Stromdeichen gemein sind. Hier mag aber schon darauf aufmerksam gemacht werden, daß, wo man den Endpunkt eines offenen Deichs auch hinlegen mag, dicht unterhalb desselben das Hochwasser mit großer Heftigkeit einströmt, und sonach hier dieselben Erscheinungen sich wiederholen, welche man durch die Anlage beseitigen wollte. Man begegnet denselben zum Theil dadurch, daß man den Deich sehr flach bis zur Höhe des natürlichen Terrains abfallen und in dasselbe auslaufen läßt. Dadurch wird aber mehr der Deich selbst, als das Terrain gegen Beschädigungen geschützt. Gewöhnlich fordert der Besitzer der Feldmark, die dicht unterhalb des Deichs liegt, die Verlängerung derselben, indem er von der Anlage nur Schaden, aber keinen Nutzen hat. Sobald indessen sein Wunsch oder seine billige Forderung Berücksichtigung gefunden hat, so kommt wieder der nächste Nachbar in dieselbe Verlegenheit, und in dieser Weise pflegt ein

Eine Eindeichung sich nach und nach immer weiter fortzusetzen, bis sie sich zuletzt auch mit ihrem untern Ende an ein wasserreichtes Terrain, oder an einen andern Deich anschliesst, und sonach in geschlossener Deich entsteht.

Diejenigen Deiche, welche die höchsten Winter- und Frühjahrsfluthen abhalten oder kehren (dieser Ausdruck, im Holländischen üblich, ist auch an manchen Strömen in Deutschland angenommen), nennt man Winterdeiche, auch Banndeiche oder Hauptdeiche. Den Gegensatz bilden die Sommerdeiche, welche von dem Hochwasser beim Abgange des Eises überströmt werden, und die dahinter liegenden Niederungen nur gegen das Hochwasser schützen, das in der Mitte des Sommers ziemlich allgemein einzutreten pflegt. Ihr Zweck ist nur, das Sommergetreide oder die Heuernte zu sichern. Ihre Unterhaltung ist aber, wenn sie auch nur eine mässige Höhe haben, oft schwierig, und man giebt ihnen allgemein eine recht flache Dossirung auf der innern Seite, um die Gewalt des überströmenden Wassers zu mässigen.

Im Folgenden wird vorzugsweise von den geschlossenen Deichen, und zwar von Winterdeichen die Rede sein. Die durch einen solchen Deich geschützte Fläche, die gewöhnlich nicht nur verschiedenen Grundbesitzern, sondern meist zu verschiedenen Ortschaften gehört, nennt man einen Polder. Die Genossenschaft aber, welche für die gehörige Unterhaltung dieses Deiches, so wie der damit in Beziehung stehenden sonstigen Anlagen zu sorgen hat, heisst der Deichverband, auch wohl die Deichschau. Die letzte Benennung bezeichnet aber eigentlich nur die gemeinschaftlich vorzunehmende Besichtigung des Deiches. In den Niederlanden, wo das Deichwesen besonders ausgebildet ist, heisst die durch einen gemeinschaftlichen Deich geschützte Fläche eine Waterschap. Unter Polder versteht man daselbst aber eine niedrigere Fläche, die künstlich, also durch Schöpfmaschinen entwässert werden muss. Häufig liegt in einer Waterschap ein Polder, der also durch den äussern Deich geschützt wird, ausserdem aber noch mit einem besondern niedrigen Deich umgeben ist. Liegt der Polder aber sehr tief unter dem umgebenden eingedeichten Lande, was namentlich der Fall ist, wenn er durch Ausheben des Torfes entstanden, und alsdann trocken gelegt ist, so nennt man ihn dort ein Meer.

Die
derung h
höhere was
indessen wa
oder Rückd
liegenden Hau
der eigentliche
dehnung der E

In Gegende
ausgedehnte Dei
aus früherer Zei
gegen das Stromt
grofsentheils nur c
stellenweise zurück
legenheit, eine neu
führen, und selbst
vorher einzelne Stre
und indem die dadu
werden müssen, so sin
gestellt, welche diejeni
mäfsigste angesehen w
hätte. Die Rücksichten
zu nehmen hat sind
schieden, die bei neuen
schied besteht nur dari
tung bringen darf. Es
nisse der Eindeichungen
wenn es sich um neue A

Es wird demnach d
dem Deiche zu gebende I
führung und Befestigung z
gehören aber auch die Anl
landes dienen, also die nöt
dem Binnenwasser den Aust
aber das Hochwasser vom
halten. Bei dieser Gelegen
besonders tief gelegner Fläc
durch Schöpfmaschinen trock

stellt, ist unansführbar. Zunächst muß man, die vorhandenen Deiche möglichst

Entwurfs zu einer neuen Deichan-
nomischen Rücksichten ohne Zweifel

Niemand wird zu einer Anlage sich ent-
scheiden, nicht die darauf verwendeten Kosten
daher unter Voraussetzung einer gewissen
Anlage und Unterhaltung des Deichs er-
wartet. Zunahme des Ertrages der dahinter lie-
genden Flächen. Es ist sonach der Ertrag zu unter-
suchen, wenn sie als Vorland benützt
werden, und Ueberströmungen ausgesetzt
ist der Ertrag, den sie versprechen, wenn im-
mer andre Culturart eingeführt werden kann,
welche schon früher bestand, nicht mehr den Be-
wüstungen beim Uebertritt des Hochwassers
unterworfen. Umstände, die hierbei in Betracht kommen,
sind Anschlag zu bringen. Man kennt indessen
noch nicht, vielmehr ist die Wahl der-
jenigen Umstände bedingt. Wenn die
gesamte Ausdehnung der Fläche dieselben sind,
ist die Linie, diejenige sein, die vergleichungs-
mäßig des von ihr eingeschlossenen Terrains ein
Aufgabe läßt sich, nachdem man die nöthigen
Daten hat, nach bekannten Methoden lösen. Das-
selbe, wenn andre Bedingungen erfüllt werden
nicht gefordert wird, daß das Verhältniß des
gesamten eingedeichten Fläche, sondern nur zu
ein Minimum, oder aber, wie auch häufig
Ueberschuß des Capitals, welches der Ver-
dienst des Ertrages entspricht, über das Capital der
Anlagekosten des Deiches, ein Maximum wird.
Die gefundenen Resultate sind indessen in vie-
len Fällen, indem andre Rücksichten überwiegen.
Trotzdem die nothwendige Beachtung der Vor-
theile der Stromverhältnisse. Die Regu-
lation beschränkt sich beinahe ausschließlich auf

schiedenheit der Verhältnisse sehr deutlich zu erkennen, indem das eingedeichte Land seine frühere Fruchtbarkeit zum Theil verliert. Besonders auf Wiesen läßt der Landmann gern das trübe Wasser treten, weil der Niederschlag wie eine Düngung wirkt. Ein anderer Unterschied zwischen dem Binnenland und dem Aufsendeich giebt sich indessen erst im Lauf der Zeit zu erkennen, und ist viel bedenklicher. Das Binnenland behält nämlich seine ursprüngliche Höhe, senkt sich vielleicht sogar bei weichem Untergrund noch etwas, weil es nach der Umdeichung nicht mehr so feucht bleibt, als es früher war. Der Aufsendeich dagegen gewinnt in Folge der Niederschläge nach und nach an Höhe. Das Fluthprofil wird also mit der Zeit kleiner, als es früher war, oder das Hochwasser muß sich höher erheben, um die frühere Grösse der Profilfläche wieder herzustellen. So geschieht es, daß die eingedeichten Ländereien nach und nach ihre natürliche Entwässerung verlieren, und diese selbst bei kleinem Sommerwasserstande endlich nicht mehr von selbst erfolgt.

Diese Erscheinungen sind mehr oder weniger an allen Deichen bemerkbar, die schon seit Jahrhunderten bestehn, und treten neben den untern Stromtheilen, wo die Gefälle sehr schwach sind, am deutlichsten hervor. Der rechtseitige Nogatdeich vor dem Eller-Walde neben Elbing erhebt sich in seiner Krone bis zu den Forsten der dahinter stehenden Wohngebäude, während er gegen sein Vorland oder den Aufsendeich keine bedeutende Höhe hat. Die natürliche Entwässerung des Polders hat hier schon lange aufgehört. Noch übler sind die Verhältnisse in den Niederlanden. Blankenwies im Jahr 1818 nach*), daß trotz der Erhöhungen und Verstärkungen der Deiche am Rhein und an der Waal, dennoch die Deichbrüche sich viel häufiger wiederholten, als in frühern Zeiten und daß die dadurch veranlaßten Inundationen immer verderblicher würden. Rechteren**) empfahl sogar die Deiche an den Hauptströmen in den Niederlanden abzutragen und sie in Sommerdeiche umzuwandeln. Ein solcher Vorschlag, der nicht nur alle Cultur-Verhältnisse verändert, sondern sogar die Bewohnbarkeit

*) *Beschouwing over de uitstrooming der Opper Rhijn, en Maas-Wateren etc.* Amsterdam 1819.

**) *Verhandelingen over den Staat van der Rijn, de Waal etc.* Nijmegen. 1820.

Niederung in Frage stellt, ist unausführbar. Zunächst muß sich darauf beschränken, die vorhandenen Deiche möglichst sichern.

Bei Aufstellung des Entwurfs zu einer neuen Deichanlage verdienen die ökonomischen Rücksichten ohne Zweifel vorzugsweise Beachtung. Niemand wird zu einer Anlage sich entschließen, deren Nutzen nicht die darauf verwendeten Kosten übersteigt. Man wird daher unter Voraussetzung einer gewissen Kenntniß der Kosten der Anlage und Unterhaltung des Deichs ermitteln, und hiermit die Zunahme des Ertrages der dahinter liegenden Flächen vergleichen. Es ist sonach der Ertrag zu untersuchen, den diese Flächen geben, wenn sie als Vorland benutzt werden, das den Ueberfluthungen und Ueberströmungen ausgesetzt ist, und demnächst der Ertrag, den sie versprechen, wenn im Innern der Deiche eine andre Culturart eingeführt werden kann, falls diese, wenn sie schon früher bestand, nicht mehr den Verwüstungen und Verwüstungen beim Uebertritt des Hochwassers ausgesetzt ist. Sonstige Umstände, die hierbei in Betracht kommen, sind dabei gleichfalls in Anschlag zu bringen. Man kennt indessen noch keine bestimmte Deichlinie noch nicht, vielmehr ist die Wahl derselben durch die eben angeführten Umstände bedingt. Wenn die Verhältnisse in der ganzen Ausdehnung der Fläche dieselben sind, würde die vortheilhafteste Linie, diejenige sein, die vergleichungsweise zum Flächeninhalt des von ihr eingeschlossenen Terrains ein Maximum ist. Diese Aufgabe läßt sich, nachdem man die nöthigen Messungen gemacht hat, nach bekannten Methoden lösen. Das ist auch der Fall, wenn andre Bedingungen erfüllt werden müssen, wenn also vielleicht gefordert wird, daß das Verhältniß des Ertrags nicht zur ganzen eingedeichten Fläche, sondern nur zu einem Theil derselben ein Minimum, oder aber, wie auch häufig vorkommt, der Ueberschuß des Capitals, welches der Vergrößerung des jährlichen Ertrages entspricht, über das Capital der Anlage und Unterhaltungskosten des Deiches, ein Maximum wird. Die auf solche Art gefundenen Resultate sind indessen in vielen Fällen unbrauchbar, indem andre Rücksichten überwiegen. Zu gehört vorzugsweise die nothwendige Beachtung der Vorfluth- und der sonstigen Stromverhältnisse. Die Regulirung eines Stroms beschränkt sich beinahe ausschließlich auf

der ein Ufer für das Hochwasser darstellen Gelegenheit, eine Regulirung dieser Art aus durch sowohl den neuen Deich zu sichern, Abführung der Fluthen zu sorgen.

Um die Richtung der neuen Deich man zunächst die größte Wassermenge ken zuweilen abführt. Die Höhe der Anschwel gemeinen auch das alsdann statt findende Wasserstands-Beobachtungen gegeben. Lei mit demjenigen bei kleinem Wasser überei mehr aus, indem die Abwechselungen schwachem Gefälle sich verringern, oder g Höhe, bis zu welcher das Wasser ansteigt, Stromthales und des Flußbettes, giebt die α daher, indem man die Wassermenge, das G Tiefe des neuen Profils kennt, nur noch die finden, welche mit dem Abstände der bei oder mit dem Abstände eines Deichs vom , serfreien Ufer übereinstimmt. Außerdem eine innige Beziehung zwischen der Breite Die letzte ist von der ersten abhängig, nicht als bekannt voraussetzen, während ja Sie läßt sich indessen leicht als Function und man erhält alsdann nach der oben (§.

ungünstige Lage haben, aber es erscheint kaum räthlich, jene noch größer werden zu lassen. Außerdem ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß in Krümmungen die stärkste Strömung sich vor dem concaven Ufer zu bilden pflegt, woher die mittlere Geschwindigkeit hier geringer sein, oder das Profil erweitert werden muß.

Wenn auf diese Weise die Weite des Fluthprofils gefunden ist, so ergibt sich daraus schon die zu wählende Deichlinie, sobald andre Deiche oder wasserfreie Ufer gegenüber liegen, wenigstens ersieht man, wo die äußerste Grenze hinfällt, über welche hinaus die Deiche nicht gelegt werden dürfen. Falls dagegen beide Ufer in großer Breite der Inundation ausgesetzt sind, so wird es am angemessensten sein, in geraden Stromstrecken die beiderseitigen Deiche in gleichen Abstand von dem Bette zu legen, in Krümmungen aber den Deich am convexen Ufer zurückzuziehen, und den am concaven Ufer befindlichen etwas weiter vortreten zu lassen, damit das Hochwasser möglichst in gerader Richtung abfließen kann. In scharfen Krümmungen muß indessen, wie bereits erwähnt, der Abstand zwischen den Deichen vergrößert werden, und namentlich ist dahin zu sehn, daß die Deiche nicht zu weit in die Halbinseln hineintreten, um welche das Strombette sich in scharfer Serpentine herumzieht. Dergleichen Halbinseln mit den Deichen gar nicht zu berühren, und den Strom des Hochwassers ganz frei darüber sich ergießen zu lassen, ist dagegen nicht räthlich, denn wenn man von den bereits erwähnten Verwüstungen, die dabei eintreten, auch absehn wollte, so würde doch der Uebelstand herbeigeführt, daß das Hochwasser die Richtung des Strombettes ganz verläßt, und letzteres dadurch starken Versandungen ausgesetzt wird.

Es bedarf kaum der Erwähnung, daß die Außendeiche, wenn sie nicht überflüssige Breite haben, mit keinen Anlagen versehen werden dürfen, welche mittelbar oder unmittelbar das Fluthprofil beschränken. Diese Regel verbietet auch Anpflanzungen von Bäumen und Sträuchern. Gebüsche oder niedrige Sträucher bewirken eine Verzögerung des hindurchströmenden Wassers, und veranlassen dadurch das feinere und gröbere Material zu Boden zu sinken, wodurch ein starkes Aufwachsen des Grundes und sonach eine Verkleinerung des Profils erfolgt. Bei hochstämmigen Bäumen, die unten keine Zweige haben, findet dieses nicht statt, dagegen

geben sie, besonders wenn sie gruppenweise stehn, Veranlassung, daß das Eis sich davor setzt und auf einander schiebt, also gleichfalls eine theilweise Sperrung des Profils eintritt. Nicht selten pflegen die Grundbesitzer, besonders vor den convexen Deichen, also auf Landzungen, um welche Serpentinien sich gebildet haben, Bäume anzupflanzen. Dieselben gedeihen hier auch insofern, als sie weniger vom Strom getroffen werden, sie sind aber ganz besonders schädlich, und den gegenüberliegenden Deichen vorzugsweise nachtheilig, weil das Eis sich leicht dagegen stellt, und alsdann der Strom um so heftiger nach der andern Seite gedrängt wird. Im Allgemeinen gewähren Strauch- und Baumpflanzungen vor dem Fuß eines Deichs demselben einen kräftigen Schutz, will man diesen aber eintreten lassen, so ist es nothwendig, den Deich schon so weit zurückzulegen, daß die Pflanzungen außerhalb der erforderlichen Profilweite bleiben.

Bei ältern Deichen wiederholt es sich häufig, daß dieselben nicht im Zusammenhang stehn, vielmehr einzelne Gemeinden ihre Ländereien mit Deichen rings umschlossen haben. Diese Polder sind alsdann von einander getrennt durch schmalere oder breitere Flächen uneingedeichten Landes, welche zur Zeit des Hochwassers nicht nur inundirt werden, sondern worin sich sogar starke Strömungen bilden. Bei Regulirung der Deichverhältnisse pflegen sehr verschiedene Ansichten über die Nothwendigkeit solcher Fluthrinnen ausgesprochen zu werden. Es ist ohne Zweifel immer vortheilhafter, wenn man sie entbehren kann, denn dieselben Nachtheile, welche Spaltungen im eigentlichen Strombette haben, treten auch ein, sobald das Hochwasser in zwei oder mehrere Arme sich zerlegt. Die Eigenthümer solcher Fluthrinnen sind auch jederzeit sehr geneigt, dieselben zu schliessen, dagegen besorgen die Gemeinden, welche sich bereits eingedeicht haben, daß der Wasserstand alsdann im eigentlichen Strom sich höher erheben, auch die Strömung sich verstärken möchte, und dadurch die bestehenden Deiche gefährdet werden könnten.

Man kann nicht in Abrede stellen, daß durch die Schließung eines Nebenarms der Hauptarm verstärkt wird, dagegen gewinnt dieser häufig in hohem Grade an Regelmäßigkeit, wenn die Seitenströmungen aufhören, und in vielen Fällen ist die Wirksamkeit der letztern so geringfügig, auch versetzen sie sich oft so schnell

mit Eis, daß sie in Wirklichkeit wenig zur Entlastung des eigentlichen Stroms beitragen. Von grösserer Bedeutung sind sie dagegen, wenn sie Serpentinien abschneiden, indem der Strom des Hochwassers, der sich durch sie ergießt, alsdann ein stärkeres relatives Gefälle hat, als der Hauptstrom. Dasselbe ist auch der Fall, wenn sie in andre Ströme oder weite Nebenarme münden. Man nennt sie alsdann Ueberlässe. Durch einen solchen wird der Rhein nahe unterhalb der Preussischen Grenze in die Yssel, und so auch die Maas in den Biesbosch entlastet.

Um zu entscheiden, ob Fluthrinnen, und besonders ob Ueberlässe nothwendig sind, muß man das Fluthprofil des eigentlichen Stroms in der oben angedeuteten Art untersuchen, und wenn man findet, daß dieses zur Abführung des Hochwassers nicht genügt, so ist es jedenfalls vortheilhafter, es durch Zurücklegung der Deiche gehörig zu verbreiten, als Spaltungen beizubehalten. Bei Untersuchung der Fluthprofile müssen die etwa darin vorkommenden Unregelmäßigkeiten beachtet werden. Man findet nämlich in scharf gekrümmten und engen Strombetten zuweilen stellenweise sehr bedeutende Tiefen, und wenn man nach diesen die GröÙe des Profils berechnet, so scheint oft schon eine geringere Breite zur Abführung des Wassers zu genügen. Man darf jedoch nicht erwarten, daß solche isolirte Kolke regelmäßig durchströmt werden, vielmehr bilden sich darin nur wirbelnde Bewegungen. Es ist daher angemessener, dieselben bei Bestimmung der mittlern Tiefe des Strombettes ganz unbeachtet zu lassen, und diese nur aus denjenigen Profilen herzuleiten, worin solche übermäßige Vertiefungen nicht vorkommen. Außerdem muß man auch auf die Widerströme aufmerksam sein, und namentlich beobachten, ob sie auch zur Zeit des Hochwassers eintreten. Es leuchtet ein, daß, wenn dieses der Fall sein sollte, keineswegs das ganze Profil als Abflussprofil angesehen werden darf.

Ueberzeugt man sich durch eine solche Untersuchung, daß das Fluthprofil des eigentlichen Stroms zur Abführung des Hochwassers nicht genügt, so muß entweder jene Fluthrinne beibehalten, oder ersteres erweitert werden. Die Erweiterung verbietet sich aber häufig, indem entweder das wasserfreie oder doch sehr hohe Terrain auf beiden Seiten weit vortritt, oder wenn Deiche das Profil begrenzen, so liegen zuweilen einzelne Gehöfte und ganze

Ortschaften so nahe dahinter, daß eine Zurücklegung der Deich unausführbar ist.

An manchen Strömen hat man gewisse Grenzen für die äußerste, noch zulässige Beschränkung des Fluthprofils angenommen. Dadurch werden allerdings die Untersuchungen außerordentlich vereinfacht und manche Mißgriffe vermieden, es ist aber nicht zu verkennen, daß die erforderliche Profilbreite, wenn die Wassermenge auch dieselbe bleibt, nicht constant ist, sondern theils vom Gefälle, und theils von der Höhenlage des Thalgrundes abhängt. Der Einfluß des letztern Umstandes pflegt besonders von großer Bedeutung zu sein, und darf daher nicht unbeachtet bleiben.

Außer diesen allgemeinen Rücksichten, welche bei der Wahl der Deichlinien maßgebend sind, haben auch noch die lokalen Verhältnisse, nämlich die Beschaffenheit und Höhenlage des Bodens, die Benutzungsart desselben, die Lage und Gestalt des Strombettes und andre Umstände einen wesentlichen Einfluß. Gebäude, Gärten und andre Anlagen wird man möglichst innerhalb des Deichs zu bringen suchen. Insofern die Kosten der Deichanlage sich mit der Höhe des Terrains vermindern, wird man, soviel es geschehn kann, den Deich auf höhere Stellen verlegen. Noch wichtiger ist es, sumpfige Stellen zu umgehen, weil der Deich auf solchen theils eine unsichre Lage hat, also Durchquellungen darunter eintreten, er auch wohl bei starkem Wasserdruck ganz zurückgeschoben werden kann. Gewöhnlich giebt der weiche Untergrund unter dem Gewicht eines schweren Deiches nach, oder die zuerst aufgebrachten Erdschüttungen versinken, wodurch die Erdarbeiten ausgedehnter werden.

Die Unterhaltung eines Deichs wird außerordentlich erschwert, wenn kein breites und höhres Vorland sich vor ihm befindet. Fehlt dieses ganz und berührt sein Fuß unmittelbar den Rand des Strombettes, so wird er sowohl von der Strömung, als vom Wellenschlage angegriffen, und ungewöhnliche Mittel müssen zu seinem Schutz angewendet werden. Man nennt ihn alsdann einen Schardeich. Die Gefahr wird aber noch größer, wenn ein solcher Deich zugleich das concave Ufer bildet, weil alsdann auch in Folge der Stromkrümmung das Wasser und Eis dagegen getrieben wird. Der Wellenschlag ist aber an solchen Deichen besonders gefährlich.

sch, die den heftigsten Stürmen von der Wasserseite ausgesetzt sind, und zugleich eine große Tiefe vor sich haben.

Man muß demnach bei Anlage neuer Deiche dieselben in gehöriger Entfernung von dem Strombette halten, aber es ist auch nothwendig, durch Uferdeckungen dafür zu sorgen, daß der Strom nicht weiter einbricht und dadurch Gefahren herbeiführt, die ursprünglich nicht bestanden. Dieses ist oft geschehn, und die Deiche sind dadurch nicht selten so starken Angriffen ausgesetzt worden, daß man sie nicht halten konnte, und sich gezwungen sah, sie weiter landwärts zurückzulegen.

Endlich pflegt man noch für die Wahl der Deichlinie die Regel aufzustellen, daß der Deich nie eine Lage erhalten darf, in welcher er direct vom Strom getroffen wird. Dieses besagt indessen nichts andres, als daß keine scharf einspringenden Buchten oder vortretende Ecken in der Deichlinie vorkommen dürfen, wovon schon die Rede war.

Was die Höhe der Deiche betrifft, so geht man allgemein von dem Grundsatz aus, dieselbe nur nach den Anschwellungen des Stroms bei offenem Wasser zu bemessen. Sobald Eisversetzungen eintreten, können diese unter ungünstigen Umständen einen Stau veranlassen, der jede Grenze überstrigt. Es würden daher die Kosten der Deichanlagen sich übermäßig steigern, wenn man eine Höhe wählen wollte, welche selbst bei Eisstopfungen ein Uebertreten des Wasser verhinderte, und eine volle Sicherheit wäre in dieser Beziehung doch nie zu erreichen. Der Deich an dem einen Ufer läßt sich freilich gegen solche Gefahr sichern, wenn man ihn höher hält, als den gegenüber liegenden. Allein ein Wettstreit dieser Art, der augenscheinlich die eigne Sicherheit nur auf die Vergrößerung der Gefahr für den Nachbar begründet, sollte gesetzlich verboten sein. Gewöhnlich geschieht es auch, daß nach der Erhöhung des Deichs auf einem Ufer der gegenüberliegende gleichfalls erhöht wird, und sonach der bei der ersten Anlage beabsichtigte Vortheil verschwindet, daß nämlich der letzte Deich bei hohem Wasser früher überströmt werden und brechen möchte.

Das Mittel, welches man anwendet, um das Uebertreten des Hochwassers zur Zeit einer Eisstopfung zu verhindern, ist die

temporäre Erhöhung des Deichs an solchen Stellen, wo er am meisten gefährdet ist, oder das Aufkahren. Hiervon wird später bei Gelegenheit der Unterhaltung der Deiche die Rede sein. Außerdem ist es aber noch üblich, den Deichen gleich bei ihrer Erbauung an den Stellen, wo ein Ueberströmen und Durchbrechen besonders gefährlich sein würde, eine grössere Höhe zu geben. Dieses geschieht namentlich, wenn Dörfer oder Städte unmittelbar dahinter liegen.

Die Deichhöhe bestimmt man gewöhnlich in der Art, daß das bekannte höchste offne Wasser noch 1 Fuß unter der Krone bleibt. Bei neuen Deichanlagen ist es schwierig, diese Höhe genau zu ermitteln, da die Beengung des Flussprofils eine, wenn auch nur geringe Erhebung des Wasserstandes zur Folge hat. Diese Höhe ist aber außerdem auch nicht constant, insofern die Ströme, in Folge der zunehmenden Bodencultur in ihrem Gebiete, das Wasser, welches als atmosphärischer Niederschlag herabfällt, immer schneller aufnehmen, und daher die Wassermasse, welche sie zur Zeit der höchsten Anschwellungen abführen, immer grösser wird. Es muß daher die Deichhöhe von Zeit zu Zeit verändert werden, wie dieses auch allgemein geschieht.

Demnächst entsteht die Frage, welche Breite die Krone oder die Kappe des Deichs erhalten soll. Jedenfalls muß dieselbe mindestens so gewählt werden, daß man auf dem Deich noch fahren kann. Dieses ist namentlich für seine Unterhaltung und Sicherstellung zur Zeit der Gefahr von besondrer Wichtigkeit, da die Wege im Innern der Niederung alsdann stark durchweicht und nur mit Mühe zu passiren sind. Außerdem gewährt eine große Kronenbreite dem Deich auch eine wesentliche Verstärkung, indem er bei eintretender Beschädigung und beim Einsturz der Dossirungen alsdann noch längere Zeit dem vollständigen Durchbruch widersteht. Man macht daher die Krone 10 bis 12 Fuß breit. Wo es an Erde gebricht, oder dieselbe nur mit übermäßigen Kosten aus weiter Entfernung beigebracht werden kann, muß man sich allerdings mit einer geringern Breite begnügen, und dieselbe wird alsdann bis auf 6 Fuß beschränkt. Man verstärkt aber zuweilen den Deich noch dadurch, daß man auf seiner innern oder der Landseite ein Banket anbringt, wie Fig. 382 zeigt. Man findet in dieser Anordnung sogar den Vortheil, daß man bei hohen Anschwel-

ungen, während Eisschollen auf den Deich geschoben werden, oder die Wellen hinaufschlagen, auf solchem Banket bequemer, als auf der Deichkrone die Materialien zur Sicherung des Deichs anfahren kann. Dieser Vorzug wird indessen durch andre Nachteile aufgehoben. Das tiefer liegende Banket kann die Gefahren einer schwachen Ueberströmung nicht in dem Maafs schwächen, als eine breitere Krone. Die schmale Krone gestattet überdies nicht eine kräftige und hohe Aufkähmung, und legt man ein breites Banket nicht gar zu tief an, so ist die dazu erforderliche Erdmasse größer, oder der Deich wird theurer, als wenn man ihn mit einer gehörig breiten Krone versehen hätte.

Die Krone legt man meist nicht horizontal, sondern man giebt ihr entweder, wie einer Straäe, eine schwache Wölbung, läßt sie also nach beiden Seiten abfallen, oder man erhöht sie auf der innern Seite, damit das Wasser nach dem Strom abfließt. Diese letzte Anordnung empfiehlt sich, insofern dadurch der höchste Rücken am meisten geschützt ist, auch von dem aufschiebenden Eise am wenigsten getroffen wird.

Die Krone wird in vielen Fällen in gleicher Art, wie die beiderseitigen Dossirungen behandelt, also mit Rasen bedeckt. Wenn aber eine starke Passage auf dem Deich stattfindet, so muß man sie wenigstens durch aufgeschütteten Sand befestigen.

In Betreff der Dossirungen bemerkt man bei den Deichen sehr große Verschiedenheiten. Zum Theil rühren diese davon her, daß sowohl die Lage des Deichs, als auch das Material, woraus er besteht, bald eine größere, bald eine mindere Vorsicht bedingt. Außerdem aber hat man sich häufig auch zur Wahl sehr steiler Dossirungen entschließen müssen, weil die disponibeln Geldmittel zur Darstellung flacher Böschungen nicht ausreichten. Bei der gewöhnlichen Unterhaltung der Deiche, wobei vorzugsweise die Erde in den obern Theilen aufgebracht wird, werden die Böschungen nach und nach steiler, als sie ursprünglich waren. Um so nöthiger ist es, die Deiche bei der ersten Anlage in recht starken Profilen darzustellen. Das Deichreglement für das Herzogthum Cleve von 1767 schreibt vor, daß bei guter Erde die äußere Dossirung eine vierfache, die innere dagegen eine dreifache Anlage haben soll, wenn aber sandige Erde genommen werden muß, so soll die Anlage der äußern Dossirung wenigstens fünf- bis sechsfach sein.

Im Allgemeinen begnügt man sich mit bedeutend schwächeren Dossirungen, und man hält Deiche schon für hinreichend gesichert, wenn die äussere Böschung eine dreifache und die innere eine zweifache Anlage hat. Dieses dürfte indessen als die äusserste Grenze anzusehn sein, die man selbst unter günstigen Verhältnissen nicht überschreiten darf. Es giebt freilich eine grosse Anzahl älterer Deiche, die viel steiler sind, aber die vielfachen und stets wiederkehrenden Beschädigungen, so wie die grossen Gefahren, denen sie ausgesetzt sind, lassen keinen Zweifel, dass ihre Anordnung unzweckmässig ist und keine hinreichende Sicherheit bietet.

Die beiderseitigen Dossirungen der Deiche sind nicht nur wie bei andern Anschüttungen nothwendig, um die obern Erdtheilchen am Herabfallen durch ihr eignes Gewicht zu verhindern, und um die Bildung eines festen Rasens darauf möglich zu machen, sondern sie sollen auch eine Quellenbildung in der Nähe des Fusses, wo der Wasserdruck dieselbe am meisten begünstigt, erschweren. Ausserdem ist die äussere Dossirung den Angriffen des Stroms, des Eises und besonders des Wellenschlages ausgesetzt, wobei leicht Beschädigungen der Decke und des Erdkörpers entstehen. Es leuchtet aber ein, dass in solchem Fall die gelöste Erde oder die Rasendecke, die ihre Unterstützung verloren hat, um so leichter herabstürzt, also auch der Bruch sich schneller ausdehnt, je steiler die Böschung ist. Aus diesem Grunde ist es nothwendig, eine recht flache Dossirung für die äussere Seite zu wählen.

Insofern die Strömung mit der zunehmenden Höhe des Wasserstandes sich verstärkt, daher bei höhern Anschwellungen das Eis mit grösserer Geschwindigkeit vorbeitreibt, auch der Wellenschlag alsdann am heftigsten wird, und die Beschädigungen in beiden Fällen vorzugsweise in der Nähe des jedesmaligen Wasserspiegels eintreten, so dürfte man vermuthen, dass es zweckmässig sei, die äussere Dossirung eines Deichs in der Nähe der Krone abzuflachen. Dieser Vorschlag ist in der That von Woltman einst gemacht, jedoch später wieder zurückgenommen, weil anerkannt werden musste, dass wenn der Angriff des höchsten Wassers auch am stärksten ist, und vorzugsweise die in dessen Niveau liegenden Theile des Deichs trifft, doch die Dauer dieser Gefahr sich auf sehr kurze Zeit beschränkt und Ausbesserungen hier viel früher möglich sind, als am Fuss des Deichs, der oft mehrere Wochen hindurch unter

Wasser bleibt. Außerdem zeigt auch die Erfahrung, daß die untern Theile selbst einer flachen Dossirung, vielfach beschädigt werden, und steil abgebrochen sind, sobald sie aus dem Wasser treten.

Die innern, oder die landwärts gekehrten Dossirungen sind ähnlichen Zerstörungen nicht ausgesetzt, aber nichts desto weniger verstärken auch sie den Deich, und erleichtern seine Vertheidigung, wenn sie recht flach sind. Sobald das Wasser aber die Deichkrone übersteigt, so stürzt es über die innere Böschung mit um so größerer Heftigkeit, je steiler dieselbe ist, und veranlaßt durch Aufreißen des Grundes um so schneller einen tiefen Durchbruch. Solche Deiche oder Deichstrecken, die man regelmäsig oder in außerordentlichen Fällen einer Ueberströmung aussetzen will, müssen daher mit einer sehr flachen innern Böschung versehen sein. Die Sommerdeiche erhalten deshalb gewöhnlich, wenn sie aus guter oder besser Erde bestehn, eine sechsfache Anlage.

Zu dem Deichkörper gehören noch die Anfahrten, die jedesmal besonders angeschüttet werden müssen, nicht aber durch Einschneiden in den Deich dargestellt werden dürfen. Man legt sie entweder normal gegen die Richtung des Deichs, alsdann unterbrechen sie aber den daneben führenden Weg, und geben Veranlassung, dass derselbe herumgeführt werden muss, während die scharfen Biegungen am obern und untern Ende der Anfahrt sehr unbequem sind. Die nach dem Aussendeich führende Anfahrt bildet aber bei solcher Richtung nichts andres, als eine senkrechte Bühne, die theils selbst einem starken Angriff ausgesetzt ist, theils aber auch durch den Wirbel den sie erzeugt, den stromabwärts anschließenden Theil des Deichs gefährdet. Weit vortheilhafter ist es daher, die Anfahrten durch Rampen zu bilden, die unmittelbar am Fuß des Deichs beginnen und längs der Dossirung bis zur Krone ansteigen. Hier bilden sie eine Verbreiterung der letztern, und gewöhnlich läßt man sie dahinter wieder herabgehn, damit das Fuhrwerk, welches von der einen oder der andern Seite kommt, ohne eine scharfe Wendung machen zu dürfen, auf die Deichkrone gelangen kann.

Auf der innern Seite des Deichs zieht sich gewöhnlich ein Weg hin, der landwärts durch einen Graben begrenzt wird. In vielen Fällen ist dieser Graben nicht allein zur Abführung des

Wassers angelegt, vielmehr ist er entstanden, indem man hier Theil der zum Deichbau erforderlichen Erde entnahm. In solchem Fall pflegt er sehr breit und tief zu sein, und er befördert auch in hohem Grade das Durchquellen des Wassers durch den Deich und gefährdet daher den Letztern. Auf der Stromseite muß der Deich, wo möglich sich an ein hohes und gut benarbetes Vordamm anschließen, und besonders dürfen daneben keine zusammenhängende Vertiefungen oder Gräben sich befinden, weil die Strömung vor seinem Fuß verstärken würden.

§. 92.

Ausführung der Deiche.

Bei Ausführung der Deiche sind dieselben Regeln zu befolgen, die bereits bei Behandlung der Erddämme vor Reservoirs und Canaldämme (§. 85 und §. 86) näher bezeichnet wurden. Man muß die Deiche aus reiner Erde aufschütten, Rasen, Sträucher, Torfstücke und dergl. dürfen darin nicht vorkommen, weil sie die innige Verbindung der Masse verhindern und die Bildung von Quellen Veranlassung geben. Aus demselben Grunde darf die Erdschüttung auch nicht auf dem Rasen liegen, muß dieser vorher abgestochen, auch wohl der Boden aufgelockert werden, damit er sich inniger mit dem eigentlichen Deichkörper verbindet. Wenn aber Bäume in der Deichlinie stehen, so müssen diese nicht nur entfernt werden, sondern man muß auch aus dem angegebenen Grunde auch ihre Wurzeln vollständig entfernen.

Die Erde wird in dünnen Lagen aufgebracht, die möglichst horizontal, oder nach der Binnenseite schwach ansteigen, und in etwas feuchtem Zustande fest gestampft. Wenn man aber die Erde in Karren anfährt, die mit Pferden gespannt sind, so kann man das Stampfen entbehren, indem die Pferde und die Wagen schon den Boden befestigen, doch dafür gesorgt werden, dass ein solches Durcharbeiten aller der Anschüttung gleichmäßig trifft. Findet man eine große hinreichende Masse in der Nähe, so wird der Deich ganz daraus gebildet, wenn dieses aber nicht der Fall ist,

wenigstens die äußere Dossirung mehrere Fuß hoch aus solcher bestehen. In Betreff der Aufstellung der Chablonen und der Ueberführung des Deiches, um das Setzen oder Sacken unschädlich zu machen, gilt dasselbe, was bereits oben angeführt ist. Ebenso ist auch die Besaamung mit Gras der Bedeckung mit Rasen vorzuziehen, und die erwähnten Vorsichtsmaasregeln zur vorläufigen Sicherung des Deichs, oder zur Bewirkung eines festen Schlusses der Rasenenden auch hier ihre Anwendung.

Die Stromdeiche sind von den Canaldämmen in sofern verschieden, als sie nicht nur den Druck des davor stehenden Wassers auszuhalten haben, sondern dieses mit Heftigkeit vorbeiströmt, schwere Eisschollen mit sich reißt, welche häufig gegen die Deiche stoßen, auch der Wellenschlag wegen der größern Tiefe und der größern Ausdehnung der davorstehenden Wasserflächen verheerendere Wirkungen äußert. Sie müssen daher eine größere Widerstandsfähigkeit besitzen, und man versieht sie aus diesem Grunde, wie bereits erwähnt, mit flachern äußern Dossirungen. Hierzu kommt noch, daß die Stromdeiche keineswegs, wie Canaldämme, dauernd denselben Wasserstand vor sich haben. Sie bleiben vielmehr meist den ganzen Sommer hindurch vollständig trocken, und selbst im Herbst und im Anfang des Winters, bis der Frost eintritt, wird ihr Fuß häufig gar nicht vom Wasser berührt. Wegen ihrer freien Lage trocknen sie alsdann sehr stark aus, und bleiben in diesem Zustande, bis plötzlich beim Aufbrechen des Eises der Strom anschwillt und sich vielleicht bis nahe an ihre Krone erhebt.

Die Benutzung einer reinen Thonerde, obwohl dieselbe ohne Zweifel die größte Zähigkeit besitzt, und dem Strom und Wellenschlag am sichersten widersteht, ist dennoch für Deiche in sofern bedenklich, als sie beim Trocknen stark reißt, und dadurch leicht gefährliche Quellungen veranlaßt. Eine Erde, der etwas Sand beigemischt ist, wird daher ziemlich allgemein als vorzüglicher erachtet, und häufig findet man solche in den Flufsthälern. Sie ist am brauchbarsten, wenn sie aus demjenigen Gemenge besteht, welches man zur Fabrikation von Ziegeln benutzt. Der Niederschlag, der sich auf den Außendeichen des Unterrheins und der Waal absetzt, hat gemeinhin diese Beschaffenheit, und man verwendet denselben daher sehr vortheilhaft zur Auführung und Unterhaltung der Deiche. Eine gute Ackererde, welche einen bedeuten-

den Zusatz von Humus oder organischen Stoffen enthält, wird häufig auch als brauchbare Deicherde angesehen. Dieselbe gewährt in der That den großen Vortheil, daß sie sich besonders leicht mit einem kräftigen Rasen überzieht, und wenn sie an sich auch weniger Widerstandsfähigkeit, als der Klaiboden besitzt, so wird dieser Mangel doch durch die festere Decke ersetzt. Es tritt indessen hierbei zunächst der Uebelstand ein, daß eine Masse Larven und Würmer in dem Deiche sich vorfinden, und wenn dieselben an sich auch nicht schädlich sind, so veranlassen sie, daß Maulwürfe sich zahlreich hineinziehen, deren Gänge schon häufig starke Quellungen und selbst Durchbrüche von Deichen verursacht haben. Außerdem geht diese Erde bei der wechselnden Nässe und Trockenheit mit der Zeit in einen Zustand der Verwitterung oder Verwesung über, worin sie alle Festigkeit verliert. Beim Aufgraben alter Deiche findet man häufig Lagen eines feinen, ziemlich hellen Pulvers, das weder im nassen, noch im trocknen Zustande bindet, und fast das Ansehn von Asche hat. Es wäre freilich möglich, daß dasselbe von vegetabilischen Stoffen herrührt, die man unvorsichtiger Weise mit in die Deiche gepackt hat, wenn man aber dies auch annehmen wollte, so müßte man doch voraussetzen, daß solche Stoffe nach der ersten Fäulniß sich in Humus verwandelt hätten. Erfahrene Deichbeamte haben mich wiederholentlich auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht und nicht selten habe ich sogar den Ausdruck gehört, daß die Deicherde verfault sei.

Man entnimmt die zur Anlage und Erhaltung der Deiche erforderliche Erde am passendsten aus dem Außendeiche oder aus dem Vorlande, weil sie sich hier durch die Niederschläge des Stroms bald wieder ersetzt. Auch wird durch solches Abgraben des Vorlandes der Erhöhung desselben, wenn auch nur in sehr geringem Maasse, vorgebeugt. Man muß indessen die Erde nur an einzelnen Gruben oder Pütten entnehmen, die unter sich nicht in Zusammenhang gebracht werden, weil sie sonst eine tiefe Rinne bilden, durch welche der Strom sich hindurchziehen und ein Nebenlauf darstellen könnte, der besonders nachtheilig für den Deich wäre, wenn er sehr nahe an demselben läge. In diesem Fall würde eine stärkere Strömung hier statt finden, während der Deich durch kein gehörig breites Vorland geschützt ist. Man sticht Erde daher in der Art aus, daß die Pütten in ihrer Längsrichtung

gegen den Strom gerichtet sind, und läßt zwischen ihnen so stehn, die eben so breit, wie sie selbst sind. Außerdem muß dafür zu sorgen, daß die so gesicherte Reihe von Pütten keine Ruthen weit vom Deich entfernt bleibt. Diese Pütten füllen sich in einigen Jahren sich vollständig wieder anzupełlen, so daß sie bald nicht mehr erkennen, und sie zu gleichem Zweck wieder eröffnen kann. In manchen Fällen verursacht die Bewegung der Erde groſſe Schwierigkeiten, und man sieht sich gezwungen, sie aus dem Binnenlande zu entnehmen. In andern Fällen aber schon an sich niedrig liegt, und eine Wiederanfüllung der Gruben darin nicht erfolgen kann, so wird in solchem Falle die Oberfläche derselben für beständig der Cultur entzogen, und ihr Ertrag vermindert.

Die Bepflanzen der Deiche mit Bäumen und Sträuchern, ist eben sowohl auf der Krone, als den Dossirungen, darfstattet werden, weil theils die Bäume bei Stürmen hin und her bewegt werden, und dadurch ihre Wurzeln die Erde auflockern, und auch diese Wurzeln die Bildung von Wasseradern verhindern.

Ebenso ist es gemeinhin auch untersagt, Zaunpfähle u. dgl. einzutreiben oder einzugraben.

§. 93.

Entwässerung der Polder.

Ein geschlossener Deich, der den Eintritt des Hochwassers in die unter liegende Niederung vollständig verhindert, unterbricht die natürliche Entwässerung derselben, und zwar nicht nur des Hochwassers, sondern selbst bei kleinem Wasser. Der Deich muß daher mit einer Durchfluß-Oeffnung versehen werden, die zur Zeit der Anschwellungen schließt, zur Zeit des kleinen Wassers aber öffnen kann. Hierzu dienen die Entwässerungsschleusen, die man auch Siele nennt, wiewohl dieser Ausdruckweise in See-Marschen üblich ist.

Um die Wirksamkeit der Siele zu sichern, muß die Niederung ein vollständigen und gehörig angeordneten System von Abgräben durchzogen sein, die in gleicher Weise, wie bei Gelegenheit der Entwässerung von Sümpfen bereits erwähnt wurde

(Theil I, §. 27), wie die Zweige und Aeste eines gemeinschaftlichen Stammes zuletzt in den Haupt-Abzugsgraben oder den Busen münden, der nach dem Siel führt. Endlich muß von dem Siel durch den Aufsendeich bis zum Strombett noch ein Graben, der sogenannte Aufsengraben, oder das Sieltief angelegt und offen erhalten werden. Auch bei Niederungen kommt es beinahe jedesmal darauf an, schon geringe Niveau-Differenzen zur Entwässerung zu benutzen, man kann daher keine starken Gefälle und heftige Strömungen erzeugen. Um so nöthiger ist es, die Gräben in hinreichender Weite und Tiefe offen zu erhalten, damit sie bei mäßiger Strömung schon bedeutende Wassermassen abführen.

In den Flusniederungen kommt es nicht leicht vor, daß einzelne noch tiefer belegne Flächen oder Meere von denselben umschlossen werden, dagegen haben auch hier zuweilen ganze Polder, wie etwa an der Nogat eine so tiefe Lage, daß sie nur künstlich, oder mittelst Schöpfmaschinen trocken gelegt werden können. Alsdann gehören auch diese Maschinen mit den betreffenden sonstigen Anlagen zu den Entwässerungs-Anstalten. In allen Fällen hat jede durch einen gemeinschaftlichen Deich umschlossene Niederung, also jeder Polder, auch seine besondere Entwässerung, und wenn nicht etwa einzelne Meere darin liegen, so stehn alle Gräben der ganzen Niederung mit dem Busen in unmittelbarer Verbindung, so daß nahe derselbe Wasserstand, den dieser annimmt, sich in allen Gräben darstellt. Eine Ausnahme hiervon tritt nur ein, wenn bei besonders starker Auswässerung ein merkliches Gefälle sich bildet, oder wenn vielleicht ein heftiger Sturm das Wasser nach der einen Seite hinübertreibt.

Jeder Deichverband hat nach Maafsgabe der Höhenlage des Terrains und der Culturart des Bodens einen normalen Stand für das Wasser im Busen angenommen, und die Entwässerungsschleuse muß so gehandhabt werden, daß dieser Stand im Frühjahr möglichst bald dargestellt wird, das Wasser jedoch nicht darunter sinkt. Wenn keine künstliche Entwässerung stattfindet, so hängt der Eintritt des Zeitpunkts, in welchem das Binnenland trocken wird, vom Verhalten des Stroms ab. Während der Anschwellung desselben muß natürlich die Entwässerungsschleuse geschlossen werden, und indem der Schnee im Binnenlande schmilzt dazu auch noch das Regenwasser kommt, und Quellen sowohl w

an Ufer, als noch mehr durch die Deiche eindringen, so steigt Wasser in dem Busen und in allen damit verbundenen Gräben, und fließt häufig, ohne daß der angeschwollene Strom unmittelbar in die Niederung gedrungen wäre, einen großen Theil derselben ab. Sobald alsdann der Strom bis zum Wasserspiegel der Niederung gesunken ist, so öffnet man die Entwässerungsschleuse, und beim weitem Fallen des Stroms sogleich die Entwässerung beginnen zu lassen. Bei raschem Sinken des Außenwassers bildet sich ein starkes Gefälle, und die Auswässerung geht schnell vor sich. Gegentheils erfolgt sie aber nur langsam, und wenn der Strom, wie oft geschieht, inzwischen wieder steigt, so muß die Schleuse aufs Neue geschlossen werden, und oft vergehn Monate, ehe endlich der normale Stand sich dargestellt hat. Sobald dieser erreicht ist, schließt man die Schleuse, weil die Niederung sonst an zu großer Trockenheit leiden und dadurch der Ertrag der Wiesen und Aecker beeinträchtigt würde. Bei anhaltender Dürre sinkt jedoch der Wasserstand in der Niederung in Folge der Verwitterung immer tiefer herab, während die Auswässerung vollständig unterbrochen ist, und sogar das Regen- und Quellwasser abfließen zurückgehalten wird. In solcher Zeit entstehen häufig große Verlegenheiten wegen Wassermangel. Die Feldfrüchte und selbst das Gras werden am Wachsthum verhindert, und indem die Wiesen trocken liegen, muß das Vieh, welches sonst sich selbst füttern lassen auf den Weiden bleibt, in weite Entfernungen nach den Wäldern getrieben werden. Wenn alsdann der Strom wieder zu wellen anfängt, so öffnet man die Schütze der Entwässerungsschleuse und läßt das Wasser in die Niederung hineinströmen. In solcher günstiger Fall ereignet sich indessen in Stromstrecken nicht leicht, die von den periodischen Schwankungen der Fluth und Ebbe nicht getroffen werden. Dagegen bietet sich bei einem lang gezogenen Polder zuweilen die Gelegenheit, von dem Gefälle des Stroms in dieser Beziehung Vorthail zu ziehen, und durch eine oberhalb Theil des Deichs angebrachte Einlaßschleuse, die Gräben des Busen nach Bedürfnis zu füllen. Auch kann man vielleicht die Deiche, welche sonst durch besondere Deiche von der Niederung abgehalten werden, derselben in solchem Falle zuführen.

Die Zuführung fremden Wassers in eingedeichte Polder ist zuweilen noch in andrer Beziehung nothwendig, nämlich um

entweder den Boden durch die im trüben Wasser schwebenden Erdtheilchen zu düngen, oder auch wohl um den Boden auszulaugen, und die darin enthaltenen, der Vegetation nachtheiligen Stoffe in dem reinen Wasser aufzulösen, und sie später mit diesem abfließen zu lassen. Im ersten Fall wird eine Art von Colmatage (Theil I. §. 28) beabsichtigt. Der zweite Fall tritt ein, wenn der Boden aus Seen aufgewachsen ist, in welchen das Wasser besonders starken Salzgehalt hat. So schreiten die Verlandungen an der Mündung der Rhone von Jahr zu Jahr weiter vor. Wenn das neue Land aber eingedeicht ist, so zeigt es sich ganz unfähig zu allen Culturen, und man muß mehrere Jahre hindurch die Rhone, so oft sie angeschwollen ist, eintreten und ihr Wasser längere Zeit darin stehn lassen, bis es sich mit dem aus dem Boden ausgehenden Salz gesättigt hat. Alsdann erst wird es wieder in das Mittelländische Meer abgelassen, und auf diese Art der Boden nach und nach culturfähig gemacht.

Die Entwässerungsschleusen oder Siele sind nichts anderes als Archen, die in dem Deiche liegen. Sie stimmen in ihrer Construction mit den Freiarchen (§. 46) überein. Jedenfalls müssen sie so eingerichtet sein, daß sie den höchsten äußeren Wasserstand abhalten, außerdem aber müssen sie, wie so eben erwähnt, zuweilen auch das Binnenwasser gegen den äußeren niedrigeren Wasserstand zurückhalten. Indem an Strömen, welche der Wechsel der Fluth und Ebbe nicht ausgesetzt sind, die Wasserstände nicht so schnell sich verändern, daß in kurzen Zwischenzeiten die Entwässerungsschleusen in Thätigkeit gesetzt und wieder geschlossen werden müssen, sie vielmehr gewöhnlich Monate hindurch offen oder geschlossen bleiben, so ist es entbehrlich, sie einzurichten, daß sie von selbst dem Wasser den Durchgang eröffnen oder sperren. Anders verhält es sich mit den Entwässerungsschleusen an der Nordsee oder ohnfern der Strommündung daselbst, die an jedem Tage zweimal hohes und zweimal niedriges Wasser vor sich haben. Diese werden mit Stemmthoren versehen, die durch das erstere geschlossen und beim Eintritt des letzteren durch das höhere Binnenwasser geöffnet werden. Die Entwässerungsschleusen vor eigentlichen Stromniederungen, von denen hier allein die Rede ist, haben gewöhnlich Schütze, und zwar doppelt von denen nämlich das eine, oder bei größern Oeffnungen mehrere

zugehörige das äußere Hochwasser, und die übrigen das Binnenwasser, so oft dieses nöthig ist, zurückhalten. Wenn neben der Schütze noch eine äußere Kraft erfordert, so ist diese Einrichtung doch einfacher, weniger den Beschädigungen ausgesetzt und selbst sichrer in ihrem Erfolge, als die Benutzung der selbst überlassenen Stemmthore. Dieses ist der Grund, ob es nicht räthlich ist, die Anwendung der letztern weiter zu dehnen, als die Fluth und Ebbe sich erstreckt. Diese Ansicht ist nicht allgemein angenommen, denn man findet zuweilen an den obern Flußtheilen Siele mit Stemmthoren.

Wenn der Polder nur geringe Ausdehnung hat, also die abzuwässende Wassermasse auch nie bedeutend wird, so pflegt man statt der Schleusen nur sogenannte Krüper anzulegen. Diese sind hölzerne Rinnen, einen oder wenige Fuß weit und so hoch, wie die man durch die Deiche legt. Zuweilen werden sie gleich durch Schütze geschlossen, gewöhnlich aber nur an der Stromseite durch eine Klappe, die am obern Rahm der Rinne mittelst einer Kette befestigt ist, die also bei höherm Stande des Binnenwassers sich öffnet, sonst aber geschlossen bleibt.

Die eigentlichen Siele sollen bei Gelegenheit der Seedeiche beschrieben werden. In Betreff der Construction der Entwässerungsschleusen in Flußdeichen wäre nur zu erwähnen, man ihre Seitenmauern entweder bis zur Krone der Deiche aufgeführt, und den Schützen, die aus mehreren über einander liegenden Tafeln bestehen, dieselbe Höhe giebt, oder daß man sie über den Deichen überwölbt, und die Schütze vor beiden Stirnseiten des Bogens und der Widerlager anbringt. Zuweilen wendet man anstatt des Massivbaues, auch Constructionen in Holz an. Jedenfalls bildet eine Entwässerungsschleuse eine schwache Stelle im Deich, indem die Verbindung der Erde mit dem Mauerwerk, oder mit dem Holz nicht so innig ist, als der Erde in der Erde.

Dazu kommt noch das Setzen des Deichs, woran die schleuse nicht Theil nimmt. Der Erddeich löst sich daher an der schleuse und theils bilden sich hier Quellungen, theils aber der äußere Rand der Erde vom Wellenschlage übermächtig ergriffen. Wenn man auch kräftigere Deckungsarten, wie etwa Steinmauern hierbei benutzt, so muß dennoch gleich bei Anlage der schleusen für ihre möglichste Sicherung gesorgt werden. Man

verlegt sie daher an Stellen, wo der Untergrund besonders fest ist, also ein starkes Sacken des Deichs nicht erwartet werden kann, wo aber ausserdem ein sichres und hohes Vorland liegt, auch der Strom nicht dagegen gerichtet ist, und wo endlich auch der Wellenschlag keine Besorgniss erweckt.

Es ist bereits erwähnt worden, dass es gemeinhin darauf ankommt, die Entwässerung der Niederung möglichst zu beschleunigen. Zu diesem Zweck muss die Schleuse die niedrigste Stromstelle treffen, oder sie muss im untern Ende des Deichs liegen. Wenn der Deich auch nur auf eine Viertelmeile sich längs dem Strom hinzieht, so ist bei einem relativen Gefälle des letztern von 1 : 6000 das bei der Entwässerung zu benutzende absolute Gefälle am untern Ende des Deichs schon um einen Fuss grösser, als am obern, und dieser Unterschied ist für die Entwässerung von grosser Bedeutung.

Was den Aufsengraben oder das Sieltief betrifft, der das Wasser aus der Schleuse durch das Vorland nach dem Strombett führt, so ist derselbe sehr starken Versandungen ausgesetzt, und zwar in noch höherem Grade, als die Mündungen anderer Bäche, welche zur Zeit der Anschwellungen selbst grosse Wassermassen abführen, und dadurch ihr Bett aufräumen. Man darf diesen Versandungen aber nicht etwa dadurch zu begegnen suchen, dass man die Schleuse in die Nähe einer Stromkrümme legt, und zwar neben deren concavem Ufer, weil alsdann die Gefahr für sie zu gross würde. Es bleibt nur übrig, durch Räumungen, die nach jedem Hochwasser vorgenommen werden, den Graben offen zu erhalten. Wo Fluth und Ebbe stattfindet, kann man Spülungen anwenden, und die Wirkung derselben noch durch den Sielpflug (§. 50) verstärken, bei den Gräben vor Flussdeichen bietet sich hierzu aber keine Gelegenheit.

Wenn die eingedeichte Niederung, wie häufig geschieht, nur als Wiese oder Weideland benutzt wird, so vermindert sich ihr Ertrag durch die Eindeichung, weil dadurch das trübe, mit thonigen Theilchen versetzte Wasser abgehalten wird, sie zu überfluthen und die Niederschläge darauf abzusetzen. Man versucht zuweilen, diesen Vortheil, den eine mässige Ueberfluthung mit trübem Wasser gewährt, dadurch herbeizuführen, dass man solches durch die Entwässerungsschleuse aus dem noch angeschwollenen Strom eintren-

Der beabsichtigte Erfolg wird dabei für die nächst belegnen Ebenen auch erreicht. Indem das Wasser sich aber nur langsam abzieht, so reinigt es sich immer mehr, und wenn es auf das entferntere Terrain tritt, so ist es schon vollkommen geklärt, kann daher zur Befruchtung des Bodens nichts beitragen. Das Verhältniß ist sich wegen des sanften Abhanges der Niederung günstiger als, wenn man das Wasser von oben einläßt, doch kommen Entwässerungen dieser Art nur selten vor, und alsdann auch nur in beschränkter Ausdehnung. Der Grund davon ist zum Theil der Besorgniß zu suchen, welche die Vermehrung der Schleusen verursacht.

Endlich muß noch von den künstlichen Entwässerungen Rede sein. Dieselben erstrecken sich entweder auf die ganze oder einem gemeinschaftlichen Winterdeich umschlossene Niederung, oder nur auf einen Theil derselben, der besonders tief liegt. Zur besten Beschreibung eignet sich vorzugsweise der letzte Fall, wobei zugleich das Verfahren der Eindeichung und Trockenlegung der sogenannten Meere mitgetheilt werden kann, während die Niederungen, die künstlich entwässert werden müssen, ursprünglich wohl nicht so tief lagen, vielmehr entweder durch die Senkung des sie umgehenden Wasserspiegels, oder indem sie selbst gesunken, in diese ungünstige Lage versetzt sind.

Die einzelnen vertieften Stellen in den Niederungen rühren zum Theil von alten Flußbetten oder Auskolkungen her, die zu Grunde sich bildeten, in Holland sind sie aber größtentheils durch Aufgräbereien entstanden, und sie haben in solchem Fall selten eine Tiefe von 15 bis 20 Fufs unter dem umgebenden Meeresspiegel. Wird der Torf daraus gestochen so müssen sie mit Wasser frei gehalten werden. Bei größerer Tiefe läßt man sie aber sich mit Wasser füllen, und der Torf wird alsdann geerntet. Derselbe ist sehr fein und frei von allen gröbern Fasern, so wie er in weichem, schlammartigen Zustande ausgehoben, gleichmäßig auf dem Rasen ausgebreitet, und nachdem er einigermaßen getrocknet worden ist, in regelmäßige Stücke zerschnitten wird. Gegenwärtig ist man in der Ertheilung von Concessionen zu solchen Anlagen sehr vorsichtig geworden. Die Gesellschaften, denen die Anlage dieser Art gestattet wird, müssen sich verpflichten, in bestimmten Entfernungen gewisse Zwischenwände stehen zu lassen,

damit die Wasserflächen sich nicht so ausdehnen, daß sie durch heftigen Wellenschlag den Umgebungen gefährlich werden. Außerdem müssen die Ufer gehörig befestigt werden, und endlich muß im Zeitraum von 99 Jahren nach Ertheilung der Concession der ganze Torfstich wieder culturfähig gemacht sein, indem das Wasser ausgepumpt und die Fläche mit den nöthigen Anlagen versehen ist, um dauernd entwässert zu werden. In Holland heißen solche Torfstiche Veenplaassen, sobald sie aber trocken gelegt sind, nennt man sie eine Droogmackerij oder ein Meer.

Bei Trockenlegung solcher Meere muß zunächst dafür gesorgt werden, daß das Wasser aus der umgebenden Niederung nicht in die Vertiefung tritt. Zu diesem Zweck beginnt man die Arbeit mit der Ausführung eines Umschließungsdeichs oder Ringdeichs. Derselbe braucht nicht die Höhe eines Winterdeichs zu haben, er darf nur so hoch sein, daß das höchste Binnenwasser des Polders ihn nicht überfluthet. Die dazu erforderliche Erde kann man aber nicht anders gewinnen, als indem man an der äußern Seite des Deichs einen tiefen Graben, den Ringsloot, oder die Ringfahrt ansieht. Dieser Graben wird mit den Abzugsgräben der Niederung in Verbindung gesetzt und entwässert in den Busen. Das Wasser, welches die Schöpfmaschinen liefern, fließt zunächst in ihn. Die erste aufgestellte Maschine hebt das Wasser aus einer gewissen, meist sehr mäßigen Tiefe. Wenn diese nach Monaten, oder bei großen Flächen auch wohl erst nach einem Jahr den Wasserstand so tief gesenkt hat, daß sie mit Vorthail nicht mehr schöpfen kann, so stellt man dahinter eine zweite Maschine auf, die bis zu größerer Tiefe herabreicht. Diese führt der erstern das Wasser zu, und beide bleiben nun gemeinschaftlich in Thätigkeit. Oft kommt später noch eine dritte und in manchen Fällen sogar eine vierte hinzu, bis endlich die Sohle des Meers trocken gelegt ist. Die ganze Reihe dieser zusammengehörigen Schöpfmaschinen nennt man einen Gang.

Bei Trockenlegung des Haarlemmer Meers benutzte man Pumpen, welche durch Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt wurden. Die Dampfkraft ist zu demselben Zweck in den Niederlanden schon im vorigen Jahrhundert angewendet worden, und zwar geschah dieses zuerst in dem Blijdorpschen Polder. Auch später ist mehrfach dasselbe geschehn, nichts desto weniger ist das Wurfrä-

ches durch eine Windmühle getrieben wird, auch genügend noch die üblichste Vorrichtung zum Entwässern tief liegender Niederungen, und zwar nicht nur in dem Königreich der Niederlande, sondern auch bei uns an der Nogat. Hier hat man jedoch vielfach die Verbindung mit der Windmühle aufgegeben, und den Betrieb durch Dampfmaschinen eingeführt. Indem das Rad zum Heben des Wassers aus den Baugruben beinahe nie benutzt wird, so konnte die Beschreibung desselben nicht bei Gelegenheit der zu jenem Zwecke dienenden Schöpfmaschinen (Theil I. §. 45) gegeben werden. Dieselbe findet hier passendere Stelle.

Die Figuren 381 *a*, *b* und *c* auf Taf. LV stellen ein Wurfrad der größern Art von der Seite, von oben und von vorn dar. Es hält 16 Fuß im Durchmesser, und seine Schaufeln sind 12 bis 14 Zoll breit. Das Rad wird durch vier in einander verzapfte Arme, die an ihren Enden vier Schaufeln bilden, an eine horizontale Welle befestigt. Je zwei dieser Arme sind jedesmal durch eine doppelte, darin eingelassene Riegel mit einander verbunden, und diese Riegel greifen die Enden der Zwischenschaufeln ein, die in der Nähe des Umfanges des Rades noch von zwei starken eisernen oder hölzernen Reifen gehalten werden. Die Anzahl der Schaufeln ist acht und zwanzig.

Die erwähnte horizontale Welle erhält mittelst eines konischen Räderwerkes ihre Bewegung von der senkrechten Mittelwelle, welche bei gewöhnlichen Mahlmühlen von dem Rade an der Flügelwelle bewegt wird, und bei allen Stellungen der Kappe in gleicher Richtung sich dreht. Das Räderwerk ist so eingerichtet, daß bei einer Umdrehung des Wurfrades die Flügelwelle nahe zwei Umdrehungen macht. Die sonstige Anordnung der Mühle zeigt nichts Ungewöhnliches. Sie steht auf einem Pfahlrost und wird von einer Schüttung umgeben, die bis zur Höhe des Deichs sich erhebt, und eine Verbreiterung desselben bildet.

Das Gerinne, worin das Wurfrad sich dreht, ist so enge und steht sich so genau an die Schaufeln an, daß dazwischen nur ein sehr geringer Spielraum, von etwa 1 Zoll an jeder Seite und Boden bleibt. Dieses Gerinne ist mit einer Kröpfung, dem sogenannten Anfleiter versehen, und hinter demselben, möglichst nahe am Rade, und zwar auf der Seite des äußern höhern

Wassers befindet sich ein schmales Thor, die Wachthüre genannt. Dieselbe dreht sich wie ein einfaches Schleusenthor um eine senkrechte Achse und wird, sobald die Mühle nicht in kräftigem Gang ist, vom Druck des äußern Wassers geschlossen, so daß dieses nicht zurückfließen kann. Das Rad dreht sich in solcher Richtung, daß die untern Schaufeln über dem Aufleiter aufsteigen. Sie reißen dabei das Wasser mit sich, werfen es zum Theil hoch auf, und veranlassen dadurch einen so starken Druck gegen die Wachthüre, daß diese sich öffnet und ein regelmäßiges Aufmahlen stattfindet, so lange der Wind hinreichend stark ist. Man könnte vermuthen, daß die Richtung der Schaufeln nicht angemessen gewählt sei, und daß sie das Wasser besser fassen würden, wenn ihre Verlängerung nicht vor, sondern hinter die Welle träfe. Dabei würde aber der Uebelstand eintreten, daß das Wasser nicht nach vorn, sondern mehr rückwärts, also nach dem Rade geworfen würde, daher immer aufs Neue gefaßt und gehoben werden müßte. Die Höhe, zu der das Wasser gehoben wird, beträgt etwa 4 Fuß.

Ueber den Effect dieser Mühlen wurden in den Jahren 1774 und 1775 wichtige Beobachtungen von Brünings angestellt, deren Zweck die Vergleichung der beschriebenen senkrechten Wurfräder mit ähnlichen schräge gestellten war. Letztere waren kurz vorher erfunden, und man meinte, daß sie viel mehr als jene leisteten. Die Beobachtungen ergaben dieses indessen nicht, und die schrägen Räder haben überhaupt wenig Anwendung gefunden. Die Mühle mit dem senkrechten Wurfrade, welche zu den Versuchen benutzt wurde, war die Binnenwegsche Mühle an der Bleiswijkschen Droogmackerij. Das Wurfrad derselben hielt 19 Fuß 9 Zoll im Durchmesser, und die Schaufeln waren $18\frac{1}{2}$ Zoll breit. Die Anzahl derselben betrug acht und zwanzig. Bei einer Umdrehung dieses Rades drehte sich die Flügelwelle 1,94 mal um. Jeder der vier Mühlenflügel war 44 Fuß lang. Die Breite der windfangenden Fläche am Ende des Flügels betrug mit Einschluss des Bortes 7 Fuß 10 Zoll, und der Inhalt der ganzen windfangenden Fläche an allen vier Flügeln maß 1240 Quadratfuß.

Bei schwachem Winde, wobei das Wurfrad sich nur langsam drehte, leistete dasselbe gar nichts, indem das Wasser zwischen den Schaufeln und dem Gerinne wieder zurückfloß. Die Wacht-

här öffnete sich erst, sobald die Umfangs-Geschwindigkeit des Rades über 2 Fuß stieg, aber auch dann war die Leistung noch sehr unbedeutend. Die nachstehende Tabelle weist die wichtigsten Resultate der Beobachtungen nach. Die erste Spalte bezeichnet die Geschwindigkeit des Windes, die zweite die des Wurfrades und zwar am Umfange desselben. Beide sind in Fuß und für eine Secunde ausgedrückt. Die dritte Spalte giebt die Anzahl der Cubikfuß Wasser an, die während einer Minute 4 Fuß hoch gehoben wurden, und die vierte bezeichnet die bei einer Umdrehung der Flügelwelle gehobene Wassermenge gleichfalls in Cubikfuß.

Geschwindigkeit		Wassermenge	
des Windes.	des Wurfrades.	in 1 Minute.	bei 1 Umdrehung.
14,8	3,7	420	61
17,7	4,9	772	84
22,0	6,0	1276	113
27,3	7,3	1990	145
30,5	8,3	2100	132
35,3	10,2	2436	128

Man erzieht hieraus, daß bei zunehmender Geschwindigkeit des Windes und des Rades der Effect zwar zunimmt, doch keineswegs in gleichem Verhältniß. Das Rad hebt bei einer Umdrehung die größte Wassermenge, wenn seine Geschwindigkeit etwas über 7 Fuß in der Secunde beträgt. Daß es bei langsamerer Bewegung weniger leistet, ist sehr erklärlich, weil alsdann das Wasser leichter durch die freien Seitenräume zurückfließen kann, auffallend ist es aber, daß der Effect auch bei größerer Geschwindigkeit sich wieder vermindert. Vielleicht rührt dieses davon her, daß das Wasser alsdann nicht schnell genug zufließen kann.

Woltman fügt der ausführlichen Mittheilung dieser Beobachtungen*) noch eine Tabelle über die Geschwindigkeit des Windes bei, wie er solche während 5 Jahren in Cuxhaven beobachtet hatte. Im Laufe eines Jahres war nämlich diese Geschwindigkeit durchschnittlich während 212½ Tagen zwischen 15 und 35 Fuß in der

*) Beiträge zur hydraulischen Architectur. IV. Band, Seite 170 ff.

Secunde. Die Mühlen konnten also unter dortigen Verhältnissen 7 Monate lang in Thätigkeit sein.

In den Niederlanden nimmt man an, daß der Betrieb durchschnittlich während 200 Tagen erfolgen kann, und in dieser Zeit in jeder Minute 1000 Cubikfuß gefördert werden. Man rechnet dort auf je 2000 Morgen eine Mühle, oder bei sehr quelligen Grunde auf 1400 Morgen. Dieses Maafs gilt auch, wenn bei gröfserer Hubhöhe, mehrere Mühlen hinter einander stehn und sich das Wasser zuwerfen, also einen Gang bilden.

In neuerer Zeit ist eine andre Schöpfmaschine zu gleichem Zweck in den Niederlanden eingeführt, deren Wirksamkeit die des Wurfrades übertreffen soll. Dieses ist das sogenannte Pumprad, das Fig. 393 auf Taf. LVII im Durchschnitt dargestellt ist^{*)}. Der Civil-Ingenieur H. Overmars ist der Erfinder desselben, der auch im Jahr 1868 in den Niederlanden darauf patentirt ist.

Die Wirkung des Pumprades ist der des Wurfrades ähnlich. Die Schaufeln heben in einem Kropfgerinne das Wasser, welches sie gefafst haben in ein höheres Niveau. Der Unterschied zwischen beiden beruht vorzugsweise darauf, daß die Schaufeln sich scharf an die Sohle und an die Wände des Gerinnes anschliessen und so nach selbst bei langsamer Bewegung nur wenig Wasser zurückfließt. Die große Geschwindigkeit des Wurfrades, wobei unbedingt ein bedeutender Theil der Betriebskraft verloren wird, ist daher entbehrlich, und der Nutzeffect stellt sich sogar verhältnißmäßig am größten heraus, wenn das Rad sehr langsam gedreht wird.

Man hat diese Räder bereits in verschiedenen Dimensionen, und zwar vorzugsweise in Eisenblech, zuweilen auch in Holz ausgeführt. Ersteres ist unbedingt vorzuziehn, da bei jeder Formveränderung nicht nur der dichte Schluß, sondern auch die Beweglichkeit leidet. Das hier dargestellte Rad hält mit den Schaufeln, die aus Eisenblech bestehn, 17 Fuß im Durchmesser und ist 38 Zoll breit. Es soll seine Wirksamkeit nicht verlieren, wenn auch das Niveau des Oberwassers sich über seine Achse erhebt und selbst bis nahe an den obern Rand der Trommel steigt, wie die Figur angiebt.

^{*)} A. Wiebe, das Pumprad, eine neue Wasserhebemaschine. *Erkenntnis Zeitschrift für das Bauwesen* 1872. Seite 251.

Ueber die Einzelheiten der Construction ist wenig zu sagen. Die Schaufeln schliessen sich an die Trommel an und berühren mit den äussern Enden möglichst tangential die cylindrische Bodenfläche des Kropfgerinnes. Das Wichtigste ist dabei die Darstellung des genauen Schlusses. Um solchen zu erreichen, sind die Schaufeln, wie die Trommel seitwärts mit dünnen hölzernen Latten verkleidet. Diese werden nachdem das Rad in festen Pfannen liegt, sorgfältig abgedreht. Hierauf trägt man auf die Sohle und die Seitenwände des Gerinnes, das bisher reichlichen Spielraum bot, einen nicht zu schnell bindenden Cementputz auf, und schiebt nunmehr das Rad in sein Lager. Beim Umlaufen streicht es alsdann den Cement so weit ab, dass es sich so eben noch frei bewegen kann. Endlich ist zu erwähnen, dass der Kropf so lang sein muss, dass vor dem Austreten einer Schaufel, schon die folgende eingetreten ist. Die Umfangs-Geschwindigkeit des Rades ist meist etwas über 3 Fuß in der Secunde, und darf nicht über 5 Fuß steigen.

Wenn es darauf ankommt, sehr bedeutende Wassermassen zu betten, wie etwa bei Trockenlegung eines ausgedehnten Meeres, und voraussichtlich die Maschinen vielleicht mehrere Jahre in ununterbrochenem Betriebe erhalten werden müssen, so empfiehlt es sich, auf die Pumpen zurückzukommen. Mit Anwendung aller Mittel, welche der neuere Maschinenbau bietet, lassen sich diese so vollkommen einrichten, dass sie einen dichten Schluss bilden und sich am wenigsten abnutzen, während sie in sehr großen Dimensionen ausgeführt werden können und daher bei langsamer Bewegung noch immer Außerordentliches leisten. Die allgemeine Anordnung dieser sogenannten Kastenpumpen stellt Fig. 392 im Durchschnitt dar.

Ein grosser wasserdichter Kasten aus Eisenblechen zusammengewetzt, steht bei *B* mit dem Unterwasser und bei *A* mit dem Oberwasser mittelst einer Anzahl von scharf schliessenden Ventilkappen in Verbindung, die bei ihrer schrägen Stellung sich von selbst schliessen, wenn sie nicht durch den Wasserdruck geöffnet werden. In diesem Kasten befindet sich der gusseiserne, im Innern sorgfältig ausgedrehte Cylinder oder Pumpentiefel. Derselbe ist oben und unten offen, ruht mittelst starker Füsse auf dem Boden des Kastens, und stützt zugleich den Deckel des letztern, ohne dass dadurch das in den Cylinder eintretende, oder aus demselben aus-

tretende Wasser in seiner Bewegung behindert wird. In der Mitte des Kastens liegt eine wasserdichte horizontale Scheidewand, die den Cylinder mit den Wänden verbindet. Im Kasten bilden sich sonach zwei von einander getrennte Räume, die mit dem Cylinder in Verbindung stehn, und hier durch den Kolben geschieden werden. Letzterer wird gehoben und gesenkt durch eine Kolbenstange, die der Balancier der Dampfmaschine auf und ab bewegt. Um aber einen wasserdichten Schluß im Deckel des Kastens darzustellen, schwingt diese Kolbenstange in einem hohlen abgedrehten gußeisernen Cylinder, der mit dem Kolben verbunden ist und durch eine Stopfbüchse aus dem Deckel des Kastens austritt.

Die Figur zeigt die Stellung der Vertiklappen, während der Kolben sich aufwärts bewegt. Alsdann vergrößert sich der Raum unter der horizontalen Wand, das Unterwasser dringt also hinein, indem die Klappen unter *B* sich öffnen. In gleichem Maaße verengt sich aber der Raum über der horizontalen Wand, und das darin befindliche Wasser drückt die Klappen oberhalb *A* auf und ergießt sich in das Oberwasser. Bewegt sich darauf der Kolben abwärts, so strömt wieder aus dem Unterwasser durch die Klappen oberhalb *B* das Wasser in den obern Raum, und da der untere sich verringert, so wird aus diesem das Wasser durch die Öffnungen unterhalb *A* in das Oberwasser gestossen. Bei jedem Auf- oder Niedergange des Kolbens treibt also die Pumpe das Unterwasser in das Oberwasser, und die jedesmal geförderte Masse ist abgesehn von geringen Verlusten gleich dem Querschnitt des Cylinders multiplicirt in die Hubhöhe des Kolbens. Dabei erfolgt aber keine überflüssige Hebung, wie bei gewöhnlichen Pumpen, aus welchen das Wasser wieder mehr oder weniger tief herabfällt, vielmehr beschränkt sich die Hebung stets auf die Niveaudifferenz zwischen Ober- und Unterwasser.

Die Figur stellt die Größenverhältnisse der Maschine so dar, wie sie für die Entwässerung des Blocklandes bei Bremen gewählt wurden*). Der Cylinder hält im lichten Durchmesser 7 Fufs 9 Zoll, der Kolbenhub beträgt 4 Fufs 10 Zoll. Der Balancier wiederholt in der Minute 9 mal die auf und abgehende Bewegung. Die vier

*) Berg, die Entwässerung des Blocklandes. Bremen 1864.

pen fördern also, wenn man 8 Procent Verlust annimmt, in Stunde 918000 Cubikfuß.

Die Kastenpumpen, die man zur Trockenlegung des Haarder Meeres benutzte, hatten nur Cylinder von 5 bis 6 Fuß Weite, der Kolbenhub betrug dagegen über 9 Fuß. Nähere Mittheilungen über dieses höchst wichtige Unternehmen müssen hier weggelassen werden*)

§. 94.

Unterhaltung der Deiche.

Die Anlage neuer Deiche, so wie auch die Unterhaltung der bestehenden wird bei uns durch Regierungsbeamte beaufsichtigt, namentlich zu verhindern, daß eine augenscheinliche Gefahr die Betheiligten oder für die benachbarten Grundbesitzer dadurch herbeigeführt, oder das Schiffahrts- und Vorfluths-Interesse nachtheiligt wird, die Verwaltung pflegt aber denjenigen Grundbesitzern oder Gemeinden überlassen zu bleiben, deren Ländereien Schutz des Deichs liegen. Es ist hier nicht der Ort, die Einrichtung der Deichverbände näher zu erörtern, doch müssen 3 Punkte in Betreff derselben berührt werden.

Die Kosten für den Bau und die Instandhaltung der Deiche werden den dabei betheiligten Gemeinden und sonstigen Grundbesitzern. In manchen Fällen werden diese Beiträge nach Maafsgabe Höhenlage und sonstigen Beschaffenheit der einzelnen Aecker und Wiesen erhoben. Eine solche verschiedenartige Betheiligung ist indessen schwer festzustellen, und pflegt vielfache Widersprüche vorzurufen. In dem bereits erwähnten Cleveschen Deichschaublement ist dagegen im Allgemeinen der Grundsatz festgehalten, daß alle im Schutz eines Deichs liegende Ländereien gleichmäfsig belastet werden. Durch ein Nivellement wird festgestellt, welche Höhen bei dem Wasserstande, auf den die Deichhöhe sich be-

*) Am ausführlichsten sind solche veröffentlicht in v. Endegeest, *Droogleging van het Haarlemmer Meer*. 3 Bände, Leiden 1844, Amsterdam 1853, Amsterdam 1861. — Auch befindet sich darüber eine Mittheilung von v. Erbkam in *Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen*, 1860. Seite 83.

zieht, inundirt sein würden, wenn der Deich nicht existirte, und auf diese werden die Lasten gleichmäÙig vertheilt. Es ist nicht zu verkennen, daß die am Rande des Inundations-Gebiets belegenen Fluren geringern Vorthail von der Anlage des Deichs haben, als diejenigen, welche unmittelbar neben diesem liegen. Nichts desto weniger gleicht die gröÙere Gefahr der letztern diesen Vorthail einigermaÙen wieder aus. Wenn ein Deichbruch erfolgt, so ist der Schaden für die entfernten Aecker und Wiesen nicht so bedeutend, während die nahe belegenen aufgerissen und mit Sand und Kies bedeckt werden, so daß sie leicht ihre frühere Ertragsfähigkeit für immer verlieren, jedenfalls aber nur mit großen Kosten wieder culturfähig gemacht werden können.

Eine andere Frage bezieht sich darauf, ob jedem Betheiligten ein angemessenes Stück des Deichs, ein Pfand genannt, überwiesen werden soll, für dessen Instandhaltung er verantwortlich ist. Dieses Verfahren, das allerdings in manchen Niederungen üblich ist, rechtfertigt man dadurch, daß es jedem Grundbesitzer viel leichter ist, Leute und Gespann, wenn er solche gerade in seiner Wirthschaft nicht braucht, einige Tage hindurch zur Ausbesserung des Deichs zu beschäftigen, als die Unterhaltungskosten baar zu zahlen. Diese Absicht läßt sich indessen nicht vollständig erreichen, indem zu gröÙern Ausbesserungen, und vollends wenn Deichbrüche erfolgt sind, der ganze Verband zutreten muß. Aber selbst kleinere Reparaturen pflegen alsdann schlecht und meist auch sehr spät ausgebessert zu werden, woher dabei leicht der ganze Polder gefährdet wird. Dieser Uebelstand läßt sich auch, wie die Erfahrung zeigt, durch die von den Vertretern des Verbandes abgehaltenen Deichschau en keineswegs vollständig beseitigen. Es ist demnach zweckmäÙiger, alle Instandsetzungen auf Kosten des ganzen Verbandes und unter gehöriger Aufsicht vorzunehmen. Die baaren Auslagen der Einzelnen, und namentlich der kleinen Grundbesitzer, lassen sich dabei aber noch immer umgehen, indem diese mit ihren Leuten und ihrem Fuhrwerk an der Arbeit sich betheiligen und den Taglohn verdienen können.

Zum Schutz des Deiches trägt der Rasen, der ihn bedeckt, wesentlich bei. Man muß daher vorzugsweise dafür sorgen, diesen in gutem Stande und in recht kräftigem Wuchs zu erhalten. Er wird mehrmals im Jahre gemäht, und es ist sogar nothwendig vor

der Blüthe des dazwischen wachsenden Unkrauts, dasselbe abzubauen, damit der Saamen nicht zur Reife kommt und der Graswuchs unterdrückt wird. Das Beweiden des Deichs ist in trockner Jahreszeit keineswegs nachtheilig, vielmehr dient es sogar dazu, die Gänge, welche der Maulwurf gebildet hat zu schließen. Dieses Beweiden darf aber nur durch Pferde und Hornvieh geschehn. Ziegen, Schweine und Gänse sind dagegen sorgfältig von den Deichen abzuhalten, weil sie den Rasen zerstören.

Wenn die Dossirungen theilweise ausgerissen sind, so darf dieses nicht durch bloßes Uebereschütten mit Erde ausgebessert werden, man muß vielmehr den Rasen darüber sorgfältig entfernen, die alte Erde durch Authacken wund machen, die neue anstampfen und mit kräftigen Soden bedecken. In gleicher Weise wird auch verfahren, wenn der Deich durch Versacken oder aus andern Gründen seine Höhe verloren hat. Indem man aber alsdann die untern Theile der Dossirungen, wenn sie sonst in gutem Stande sind, zu erhalten wünscht, so begnügt man sich oft damit, nur den obern Theil und die Krone zu beschütten. In diesem Falle vermindern sich die beiderseitigen Böschungen, oder werden steiler, als sie früher waren. Dafs keine Pflanzungen von Gebüsch oder Bäumen auf den Deichen selbst angelegt, auch Ausgrabungen nicht darauf, oder unmittelbar daneben vorgenommen werden dürfen, ist bereits erwähnt.

Von großer Wichtigkeit ist die Erhaltung des Vorlandes oder des Aufsendeichs. Namentlich wenn dasselbe unmittelbar vor dem Deiche abbricht, muß man die Löcher wieder füllen, oder wenn sie schon eine bedeutende Längen-Ausdehnung haben, sie wenigstens vielfach coupiren, damit der Strom darin gebrochen wird und sie nach und nach wieder verlanden. Vorzugweise ist dafür zu sorgen, dafs das Strombette dem Deich sich nicht nähert, denn der Kampf wird aus den oben angeführten Gründen ungleich schwieriger, wenn das tiefe Bette unmittelbar neben dem Deich liegt. Zur Erhaltung des Deichs gehört daher wesentlich auch die Erhaltung der Ufer, und selbst in Ländern, wo für den eigentlichen Strombau beinahe gar nichts geschieht, wie früher in den Niederlanden, führt man dennoch angedebnte Bahnen-Systeme aus, sobald ein Deich in Gefahr kommt. Ein Deich an sich setzt dem Andrang des Stroms keine Grenze, aber seine Zurücklegung beeinträchtigt den Besitzstand, daher wird die Uferstelle, worauf der

Deich liegt, mit viel größerer Vorsicht als jede andre geschützt. Auf diese Art geben die Deiche Veranlassung, daß man den Uferbrüchen eine endliche Grenze zu setzen sich bemüht, und so haben die Deiche zum Schutz des dahinter liegenden Landes wesentlich beigetragen. Selbst wenn der Andrang des Stroms sehr heftig wird, und eine Zurücklegung der Deiche vortheilhafter erscheint, als die Erhaltung derselben, so pflegt man doch vor den Dörfern die Deiche zu halten, und besonders sind es Kirchen, zu deren Ausdeichung man sich nicht leicht entschließt. Daher kommt es, daß man in den Niederlanden nicht selten Kirchen auf weit vorspringenden Uferecken liegen sieht, um welche scharf gekrümmt der Deich sich herumzieht, der, dem heftigsten Angriff ausgesetzt, nur durch die außerordentlichsten Mittel gehalten werden kann.

Wenn es darauf ankommt, einzelne besonders stark angegriffene Stellen des Deichs zu sichern, so wählt man dazu kräftigere Mittel, als die Rasendecke. So werden vortretende Deichecken zuweilen durch Steinpflaster oder auch wohl durch Steinschüttungen gehalten, und wenn man mit den Reparaturen nicht schnell genug fertig werden kann, also vor dem Eintritt des neuen Hochwassers die Rasendecke noch fehlt, so wendet man oft auch Deckungen mit Strauch, also Spreutlagen oder noch besser Rauchwehren an. Dieselben bieten freilich gegen das vorübertreibende Eis einen guten Schutz, aber im Wellenschlage werden sie leicht gelöst, und sind daher unsicher. Ihre Anwendung rechtfertigt sich nur im Fall der Noth, und man muss sie möglichst bald beseitigen. Von andern Deckungsarten wird bei Gelegenheit der Seeldeiche die Rede sein.

Sobald das Hochwasser vor dem Deich steht, sind die Maafsregeln, die man zur Sicherstellung und zur Verhütung von Durchbrüchen anwenden kann, von weit geringerer Bedeutung, indem die äußere Böschung verdeckt ist, und an der innern Seite Aufgrabungen u. dergl. sehr bedenklich werden, auch die Beschaffung großer Massen von Material im Augenblick der Gefahr unmöglich ist. Es kommt daher immer darauf an, die Deiche schon vorher in gehörigen Stand zu setzen. Je vollständiger dieses geschehn ist, um so sicherer werden sie auch das Hochwasser abhalten, und dem Angriff desselben widerstehn. Nichts desto weniger darf man sie in solcher Zeit doch nicht ganz sich selbst überlassen. Bei gewissen höhern Wasserständen muss der Verban

vorschriftsmässige Mannschaft und das Fuhrwerk stellen, damit es, wo es Noth thut, Hülfe geschafft werden kann. Das zur Erhaltung des Deichs erforderliche Material, Strauch, Pfähle, Bretter, Säcke und dergl. ist schon früher auf bestimmte Stellen vertheilt, und die Deichbeamten bezeichnen die Wachbuden. Eine ständige Besichtigung des ganzen Deichs wird eingerichtet, und es wird dafür gesorgt, daß der obere Beamte, von allen Vorgängen sofort schnell Nachricht erhält.

Die Deiche erhalten, wie erwähnt, nur eine solche Höhe, daß sie den höchsten eisfreien Wasserständen sicher sind. Treten Eismassen ein, so erhebt sich das Wasser vor denselben leicht auf eine grössere Höhe. Man pflegt alsdann die Deichkrone an bedrohten Stellen noch schleunigst zu erhöhen, oder aufzuwerfen. Die Kahde ist wieder eine Art von Deich, der auf der Krone gestellt wird. Sie kann indessen bei der Eile, womit sie erbaut, nicht die übliche Befestigung erhalten. Fig. 383 und 384 sind zwei verschiedene Arten von Kahden dargestellt. Fig. 383 ist eine solche, die mit einem gewöhnlichen Fangedamm Aehnlichkeit hat. Man schlägt kleine Pfählchen in 4 Fufs Abstand in den Deich, und lehnt dagegen Bretter. Den Zwischenraum, der zwischen den Pfählen 3 Fufs breit ist, füllt man mit Erde an. Doch ist man in der Wahl des Materials weniger schwierig. Man nimmt vielmehr, was man am leichtesten beschaffen kann, und selbst die Verwen- dung von Sand findet keinen Anstand. Hat man nicht genug Pfähle und Bretter vorrätzig, so bildet man nur eine Holzwand, die doch auf der Stromseite sich befinden muß, um einigen Widerstand dem Wellenschlage, und dem gegenstoßenden Eise zu leisten. Auf der innern Seite lehnt sich eine Erdböschung dagegen. Wenn nur sehr wenig Erde beigebracht werden kann, also die Kahde sehr schmal wird, so pflegt man wohl je zwei Pfähle einander gegenüber zu stellen, und diese oberhalb der Bohlen mit Weiden- zweigen zusammen zu binden. Fig. 384 zeigt eine andre Anordnung, wo statt der Bohlen oder Bretter, Faschinen verwendet sind, die ebenfalls durch Pfähle und eine Erdböschung gesichert werden. Man kann auf diese Weise eine Erhöhung des Deichs von 1 Fufs, und selbst von 2 Fufs leicht darstellen. Solche große Erhöhungen sind indessen gemeinhin nur auf kurze Deichstrecken erreichbar, indem bei Eisversetzungen das Gefälle des Wasserspiegels

davor beinahe zu verschwinden pflegt. Wenn Eis gegen den Deich drängt, so stellt man die Kahde auf den innern Rand der Krone, um sie einigermaassen zu schützen. Man hat dabei noch den Vortheil, daß sie hier etwas niedriger sein darf. Sonst ist es aber vorzuziehen, sie an den äußern Rand zu stellen, weil alsdann hinter ihr noch Wagen auf dem Deich fahren können.

Diese temporären Erhöhungen der Deiche haben vorzugsweise den Zweck, das Ueberlaufen bis zur Lösung der Eisstopfungen zu verhindern, die in der Regel bald eintritt, und namentlich durch den verstärkten Wasserdruck befördert wird. Außerdem trifft die Gefahr, wenn die Stopfung sich nicht sobald löst, die beiden gegenüber liegenden Deiche, und sie tritt bei demjenigen ein, der am ersten überläuft. Häufig waltet daher bei der Vertheidigung auch die Absicht vor, den Deich nur etwas länger zu halten, als der am andern Ufer belegene widersteht. Sobald letzterer stark überströmt wird und durchbricht, ist der erstere gerettet, weil das Wasser sogleich fällt. Wenn das Ueberlaufen über einen recht regelmässigen, und mit flacher Binnendossirung versehenen Deich eintritt, und besonders wenn derselbe noch fest gefroren ist, so kann es stundenlang erfolgen, ehe der Bruch stattfindet. Anderseits aber, wenn die Krone an einer Stelle bedeutend vertieft ist, hier also die Strömung sich concentrirt, auch die innere Böschung sehr steil und das Erdreich bereits durchweicht ist, so geht die Zerstörung sehr schnell vor sich. In der kürzesten Zeit stürzt der Deich zusammen, während das herabströmende Wasser schon den Boden angreift und ein tiefer Kolk am Fuß sich bildet, der beim Bruch des Deichs sich vergrößert und eine bedeutende Längerausdehnung in der Richtung der Strömung annimmt.

Eine andre noch grössere Gefahr veranlassen die Quellen im Deiche. Sie entstehn zum Theil aus den Gängen der Mäusewürfe und Mäuse, häufig aber auch aus der unvorsichtigen Verwendung unreiner, oder sehr sandiger Erde, besonders wenn diese zufälliger Weise in einzelnen Streifen der Quere nach sich durch den Deich hindurchzieht, während im Uebrigen festes Material gewählt ist, welches nicht nachsinkt. In dieser Beziehung scheint sogar ein Deich, der ganz aus Sand besteht, weniger gefährlich. Derselbe wird freilich keineswegs dicht sein, vielmehr quillt Wasser überall hindurch, aber die Quellungen bilden sich wenig

mark aus, als im ersten Fall zu besorgen ist. Unter dem
 der festen Decke, die nicht sogleich zerbricht und nach-
 läßt das Quellwasser den umgebenden Boden immer stärker
 erodiert nach und nach weite Canäle. Es entstehen sogar in
 dem Deich große Höhlungen, während die äußere Decke voll-
 ständig fest ist, und die Gefahr nicht früher bemerken läßt, bis
 der Deich zusammenstürzt, und der Bruch des Deichs erfolgt.
 Sichersten würde man die Quellen stopfen, wenn dieses
 auf der innern Seite geschehn könnte. Bei ruhigem Wetter, und
 wenn große Eismassen das Wasser bedecken, hat man dieses
 versucht, indem man aus der Bewegung des Wassers
 die Lage der Einmündungen solcher Quellen schließen kann,
 Sandsäcke darüber versenkt werden. Das Wasser, das
 durch die Oeffnung dringt, erleichtert einigermaßen einen solchen
 Versuch, indem es den herabsinkenden Körper mit sich reißt, die
 Möglichkeit des Gelingens ist indessen so unbedeutend, daß
 man von diesem Mittel keinen Gebrauch macht. In Holland
 hat man in einzelnen Fällen auch die äußern Dossirungen, während
 das Wasser bedeckt waren, durch Segel gedichtet, die darüber
 geschlagen wurden. Man überzeugt sich aber leicht, wie wenig Er-
 folg diese Mittel versprechen, die nur unter günstigen Umständen
 und mit der größten Vorsicht zur Ausführung gebracht
 werden können. Im Augenblick der Gefahr rechtfertigt
 es nicht, Zeit und Menschenkräfte auf Versuche zu verwenden,
 die versprechen, man greift also allgemein zu andern Mitteln.
 Das Stopfen der Oeffnungen, durch welche das Wasser
 dringt, ist gemeinlich nutzlos, indem letzteres sogleich an
 der andern Stelle durchzudringen pflegt, wenn die erste geschlossen
 wird. Anschüttungen von Erde helfen nicht viel, indem diese
 erweicht und fortgespült werden. Nichts desto weniger
 kann hierdurch doch zuweilen Hülfe zu schaffen, indem man
 die Deiche gegen Holzwände lehnt, oder ihr durch Faschinenlagen
 eine Stütze giebt.

Am häufigsten wird bei starken Quellungen die Handramme
 gebraucht, sie äußert aber nur in dem Fall eine günstige
 Wirkung, wenn die Quellen sich dicht unter der Oberfläche hin-
 durchdringen. Wenn sie tiefer, so pflegt man auch wohl in der Längen-
 richtung des Deichs möglichst schnell einen Graben zu ziehen, um

den Quell zu erreichen. Gelingt dieses, so wird der Graben schleunigst mit Mist gefüllt, und letzterer, sobald er hoch genug angeschüttet ist, fest gerammt. Dieses Mittel ist indessen überaus gefährlich, weil der Bruch des Deichs durch das Aufgraben beschleunigt werden kann. In dem Cleveschen Deichreglement ist ein solches Verfahren unbedingt verboten.

Am sichersten ist es, bei bedenklichen Quellungen einen neuen Deich vor der innern Seite des alten an der bedrohten Stelle aufzuführen. Bei den beschränkten Hülfsmitteln, und der erforderlichen Eile kann freilich von einer regelmässigen Deichanlage nicht die Rede sein, aber dieser Schutzdeich, auch die Quell-Kahde genannt, ist dem Angriff des Stroms, des Wellenschlages und des Eises vollständig entzogen, und hat nur den Druck des Wassers abzuhalten. Man bildet daher gemeinhin Erdschüttungen zwischen Holzwänden, wie Fangedämme, oder man wählt Constructionsarten aus Faschinen, wie bei Coupirungen, und selbst Säcke mit Sand und Erde gefüllt werden dabei verwendet. Wenn dieser Schutzdeich aber auch nicht die volle Deichhöhe erreicht, so spannt er doch das Wasser vor sich an, und vermindert dadurch den Druck gegen den Hauptdeich, so daß die Mittel zur Erhaltung des letztern wirksamer werden. Auf diese Weise ist es mehrfach geglückt, Deiche zu halten, bei denen die Gefahr bereits sehr groß war.

Endlich treten bei Deichen zuweilen noch andre Beschädigungen ein, die einen plötzlichen Bruch verursachen können, während kein Zeichen einer Gefahr ihnen voranging. Dieses sind die sogenannten Kappstürzungen, die sich oft nicht bis zur Kappe oder Krone ausdehnen, und nur die äußern Dossirungen treffen. Sie entsprechen den gewöhnlichen Uferbrüchen und treten meist an solchen Stellen ein, wo der Deich unmittelbar an dem Flußufer liegt. Wenn letzteres zur Zeit des Hochwassers abbricht, so setzt sich der Bruch in der äußern Dossirung des Deiches fort, und es bildet sich eine steile Erdwand, von der sich immer neue Massen lösen und herabstürzen, die aber sogleich vom Strom fortgetrieben werden. So lange diese Beschädigungen unter dem Wasserspiegel bleiben, so bemerkt man sie nicht, indem die feste Rasendecke das Nachsinken der dahinter liegenden Theile verhindert. Stürzt endlich der obere Theil der Dossirung oder wohl gar ein Theil der Krone ein, so muß man durch Senklagen, oder auf andre

der weitem Ausdehnung des Bruchs Einhalt zu thun suchen. Es ist aber bei hohen Wasserstände sehr schwierig, und gemeinlich ist alsdann der Deich auch bereits so sehr geschwächt, daß er bald nachgiebt. Diese Kappstürzungen treten nicht selten erst wenn das Wasser schon stark fällt, sowie auch alsdann Uferbrüche nicht ungewöhnlich sind. Die Erde wird nämlich durch Gegendruck des hohen Wassers noch gehalten, sobald dieses sinkt, so stürzt sie nach. In manchen Fällen sind Deiche, während des Hochwassers gar keine Besorgniß erregten, nachher dasselbe abgefallen, vollständig und zwar in der ganzen Breite der Krone versunken.

Wenn der Deichbruch erfolgt, oder in der einen oder andern Weise Erscheinungen eintreten, welche denselben als ganz sicher vorsehn lassen, so werden die Alarm-Signale gegeben, um die Bewohner des Polders von der bevorstehenden Uebersuthung zu warnen. Die Arbeiten der Deichvertheidigung hören ab, und auf, die ganze Mannschaft pflegt sich auch zu zerstreuen, um Jeder noch vor dem Wasser seine Wohnung zu erreichen, um für die Seinigen und für sein Eigenthum soviel wie möglich zu sorgen. Es fehlt daher gemeinhin in dieser Zeit an Kräften, und wenn Einzelne noch auf der Deichwache bleiben, beschränkt man sich nur darauf, den Bruch nicht gar zu groß werden zu lassen, und die äußern Enden der Deiche mit Faschinen zu decken.

Der heftige Strom, der durch den Durchbruch fällt, reißt den Boden auf, und bildet darin einen Kolk, auch Braake genannt, bei großen Strömen oft 50 Ruthen lang und eben soviel Fuß, wohl darüber tief ist. Derselbe liegt größtentheils auf der Landseite der frühern Deichlinie, doch pflegt er sich auch auswärts selbst etwas auszudehnen. Die ausgerissne Erde, der Sand und Schlamm verbreiten sich über die Niederung, und namentlich die nachstehenden Fluren werden oft mehrere Fuß hoch damit bedeckt, so daß sie ihre Fruchtbarkeit vollständig verlieren, oder diese ihnen nur durch Abgraben des Sandes wieder gegeben werden kann. Der größte Nachtheil eines Deichbruchs pflegt in diesen Verunstaltungen des Bodens zu bestehn. Außerdem treten dabei noch manche andre Schaden ein, welche die Betheiligten allerdings sehr schwer treffen, die aber doch nur vorübergehend sind, und keine

bleibenden Folgen haben. Hierher gehört der Verlust der nächsten Ernte, wozu vielleicht auch der Verlust von einigem Vieh kommt. Die Wohnungen leiden, und während der Ueberschwemmung werden die wirthschaftlichen Verhältnisse übermäfsig erschwert, oder ganz unterbrochen. Im Allgemeinen stellen sich diese Uebelstände jedoch nicht so grofs heraus, als man vermuthen sollte. Wenn die Häuser auch so niedrig liegen, dafs die gewöhnlichen Wohnräume mit Wasser angefüllt werden, so ist ein solcher Fall doch schon in der Einrichtung der Wirthschaft vorgesehen. Menschen und Vieh finden auf dem Dachboden ihr Unterkommen, und wenn für das Vieh kein Futter vorhanden ist, so bietet das Strohdach einen nothdürftigen Ersatz. Der Polder wird bald nach dem Eintritt der Ueberschwemmung mit Kähnen befahren und Hülfe geleistet, wo es Noth thut, doch nur in augenscheinlicher Gefahr verläfst eine Familie ihr Wohnhaus. Die Häuser sind fast in allen Niederungen aus Holz erbaut, sie stehn daher, obwohl tief unter Wasser, doch fest, und leiden gemeinhin nur insofern, als die Oefen einstürzen. Grofse Eisschollen sind ihr gefährlichster Feind. Es ist nicht ohne Beispiel, dafs die Gebäude, wenn sie aus starken Blockwänden gezimmert waren, selbst ins Treiben kamen, und auf andre Stellen versetzt wurden.

Die Entfernung des Wassers mufs die nächste Sorge sein. Bei Poldern, die nicht tief liegen, und nur in geringer Längenausdehnung sich am Fluß hinziehen, geschieht dieses, sobald das Wasser im Strom zu sinken anfängt, Ein Theil fliefst durch den Bruch wieder zurück, den andern beseitigt man, indem man den Deich im untern Theil abgräbt. Die Entwässerungsschleuse ist in der Regel nicht weit genug, um grofse Massen abzuführen, auch würde sie selbst dabei leicht in Gefahr kommen.

Weit übler ist es, wenn der Deich sich auf grofse Länge am Strom hinzieht, und das eingedrungene Wasser, dem natürlichen Abhange des Thals folgend, im Binnenlande herabfliefst, ohne durch einen Querdeich aufgehalten zu werden. Es staut alsdann im untern Theil des Polders so hoch auf, dafs es hier den Deich von der innern Seite überströmt, und durchbricht, wenn man nicht durch Abgrabung desselben dem Durchbruch zuvorkommt, und die Entwässerung an eine passende Stelle leitet. Als im Jahr 1829 der linkseitige Weichseldeich ohnfern Dirschau durchbrach, setzte

das Binnenwasser die Stadt Danzig in augenscheinliche Gefahr. Eine Ableitung desselben fand aus fortificatorischen Rücksichten Widerspruch, und es mußte dem Zufall überlassen bleiben, wo der Deich durchbrechen würde. Dieses geschah endlich neben der Rückforter Schanze, und der Strom stürzte sich hier mit solcher Heftigkeit in die noch mit Eis bedeckte Weichsel, daß er sich so- gleich auf das andre niedrige Ufer warf und dieses bis zum Fort Weichselmünde verfolgte. Hier wurden viele Gebäude zerstört, und nochmals kreuzte das abfließende Binnenwasser die mit Eis bedeckte Weichsel und ergoß sich oberhalb Neufahrwasser in den Masper-See, dem es eine weit geöffnete Mündung in die Ostsee gab.

In Fällen dieser Art, wo das Wasser einen Abfluß aus der Niederung findet, füllt die letztere sich nicht in kurzer Zeit vollständig an, worauf der Strom aufhört, sondern eine anhaltende Durchströmung tritt ein, die nicht nur die Verwüstungen vergrößert, sondern auch die Schließung des Bruchs erschwert. Durch bloße Erdschüttungen kann dieselbe alsdann nicht erfolgen, man muß vielmehr, wie im offenen Strom, eine Coupirung aus Faschinen errichten, und erst wenn diese geschlossen, oder die Durchströmung unterbrochen ist, kann man den Deich anschütten. Derselbe darf sich wohl an den Packwerksbau anlehnen, jedoch nicht von demselben getragen werden, weil ihm alsdann die erforderliche Wasserichtigkeit abgehen würde.

Wenn der Polder, in den das Hochwasser getreten ist, sehr niedrig liegt und einer natürlichen Entwässerung ganz entbehrt, so kann dessen Trockenlegung nicht anders, als mittelst Schöpf-Maschinen erfolgen. Selbst bei geringer Ausdehnung pflegt dieses vor dem Herbste nicht der Fall zu sein. Die ganze einjährige Nutzung der Fluren wird daher verloren.

Endlich entsteht noch die Frage, in welcher Art ein durchbrochener Deich wieder hergestellt werden soll. In seiner frühern Richtung liegt der tiefe Kolk, oder die Braake, die sich landwärts weit ausdehnt, während sie sich gewöhnlich nur wenig in das Vorland oder den Außendeich fortsetzt. Die Wiederherstellung des frühern Deichs oder die Durchschüttung des Kolks, obwohl sie zuweilen gewählt werden muß, pflegt besonders kostbar zu sein, auch ist dieselbe wegen der beiderseitigen großen Tiefen in Bezug auf die Sicherheit des Deichs nicht zu empfehlen. Am

wohlfeilsten ist es, den Deich über das Vorland um den Kolk herumzuziehn, und gemeinhin sind die Betheiligten hierzu auch am meisten geneigt. Man nennt eine solche Anordnung eine Auslage, weil der Deich herausgelegt wird. Dabei erhält jedoch der Deich, insofern er eine vorspringende Ecke bildet und die tiefe Wasserfläche hinter sich hat, eine sehr gefährliche Lage. Ein andrer Uebelstand dieser Anordnung beruht noch darauf, daß der Kolk, obwohl ein Theil des Sandes und Kiesel hineingeworfen werden kann, doch niemals mit fruchtbarer Erde gefüllt wird und für ewige Zeiten nutzlos bleibt. Weit angemessener ist es daher, eine sogenannte Einlage zu machen, oder den neuen Deich auf der Landseite um die Braake herumzuziehn. Der Deich wird dadurch allerdings länger und folglich auch kostbarer. Er erhält aber eine sehr geschützte Lage, und der Kolk, der bei jeder Anschwellung des Stroms mit trübem Wasser gefüllt wird, verflacht sich nach und nach und wächst endlich bis zur Thalsole auf. Alsdann kann man den Deich wieder in seine ursprüngliche Richtung verlegen, und die ausgedeichte Fläche in voller Ertragsfähigkeit wieder in den Schutz des Deichs bringen.

Ende vom vierten und letzten Bande des zweiten Theils.

Inhalts - Nachweisung

der

vier Bände des zweiten Theils vom Handbuch der Wasserbaukunst.

(Die Römischen Zahlen bezeichnen den Band, die Arabischen die Seitenzahl.)

Abfahrten von Deichen. IV. 879.
Abfallböden. III. 178.
Ablagerungen in Strömen. I. 178.
Abschufs-Böden. II. 270. 368.
Abschluss-Dämme. IV. 287.
Abschluss-Mauern. IV. 281.
Alewyn's Schleuse. IV. 60.
Anker-Pfähle. I. 112.
Anschwellungen. I. 169. 191.
Aufleiter. IV. 391.
Auflockern d. Grundes. II. 840. III. 88.
Aufsatz-Bretter. II. 299.
Auslagen bei Deichen. IV. 408.
Auslaugen des Bodens. IV. 386.
Ausleger. I. 85.
Aufsendeiche. IV. 367.
Ausschufs-Lagen. II. 128.

Baaken. III. 150.
Bäche, Einmündung in Canäle. IV. 388.
— Kreuzung mit Canälen. IV. 389.
Bären (Wehre). II. 249.
Baggern. II. 385.
Banndeiche. IV. 365.
Batardeaux. II. 249.
Baumstämme in Strömen. I. 155.
Bekleidung der Schleusen-Thore. III. 257. 264.
Bergfahrt. III. 92.
Bermen. IV. 208. 262.
Beschwerungs-Material. II. 111.
Besatz bei Sprengen. III. 5. 41.

Béton-Mauern. I. 62.
Bewegung des Wassers in Strömen. I. 271.
Bewegung, gleichförmige. I. 274. 297.
— ungleichförmige. I. 318.
— permanente. I. 275. 318.
— innere. I. 277. 361.
— vor Wehren. I. 327.
Binder. I. 48. III. 217.
Bindweiden. II. 105.
Binnen-Seen. I. 184.
Blanken-Schleuse. IV. 68.
Bleslagen. II. 148.
Böcke, zum Heben. I. 77. II. 397.
Böschungen der Fluszufer. I. 372.
Böschungsköpfe. II. 88.
Bohlwerke. I. 99. 372.
— — eiserne. I. 127.
Bohlwerks-Pfähle. I. 102.
Bohren in Felsen. III. 29.
Braaken. IV. 405.
Brücken auf Schleusen-Thoren. IV. 47.
Brücken-Canäle. IV. 337. 348.
— eiserne. IV. 356.
— hängende. IV. 354.
— hölzerne. IV. 358.
— massive. IV. 349.
Buhnen. I. 379. II. 36.
— Abstände ders. I. 385. II. 36.
— Höhe ders. II. 88.
— Köpfe ders. II. 159. 181.
— Länge ders. II. 88. 50.
— Pflasterung ders. II. 167.

Buhnen, Querprofile ders. II. 45.
 — Richtung ders. II. 48.
 — Sicherung ders. II. 49.
 — Wurzeln ders. II. 155.
 Bühnen-Systeme. I. 889. II. 86.
 Busen. IV. 884.

Cabeosche Stab. I. 252.
 Canäle, Schiffahrts-Canäle. IV. 158.
 Canal-Häfen. IV. 200.
 — Linien. IV. 181.
 — Haltungen od. Strecken. VI. 182. 192.
 — Ufer. IV. 201.
 Canalisirung der Flüsse. III. 91.
 Clyde-Correction. II. 887.
 Cohäsion der Erde. I. 9.
 Contractions Coefficient. I. 889.
 Coupirungen. I. 888. 409. II. 226.
 — Dichtung ders. II. 248.
 — Lage ders. II. 229.
 — Schließung ders. II. 287.

Dammbalken. II. 290.
 Dammfalze. II. 291.
 Dammschüttungen. IV. 266.
 Dammwände. II. 294.
 Dampfschiffe. II. 160. III. 100.
 Deckplatten. I. 45.
 Declinante Buhnen. I. 896. II. 48.
 Deiche. IV. 863.
 — Ausführung ders. IV. 880.
 — Unterhaltung ders. IV. 897.
 Deichbrüche. IV. 405.
 Deichlinien. IV. 869.
 Deichprofile. IV. 876.
 Deichschauen. IV. 866.
 Dichtung der Canäle. IV. 298.
 Donker-Schleuse. IV. 57.
 Doppel-Schleusen. III. 176.
 Dossirungen. IV. 289.
 Drehbäume. III. 274. 842.
 Drehungs-Achsen der Schleusen-Thore.
 III. 254.
 Drempel. III. 179.
 Durchlässe. IV. 291. 888.
 — heberförmige. IV. 845.
 Durchstiche. I. 847. II. 202.

Eckstücke an Schleusen-Thoren. III. 887.
 Eilböte. IV. 156.
 Einbaue. I. 880.
 Eindeichungen. IV. 861.

Einlagen bei Deichen. IV. 408.
 Einschnitte. IV. 267.
 Eisenbahnen. I. 94. IV. 155.
 Eisenbeschläge der Schleusen-Thore.
 III. 268.
 Eisgang. I. 202.
 Eispfähle, I. 117.
 Eis-Sprengen. I. 207.
 Eis-Stopfung. I. 202. 845.
 Enclavirungen. II. 227.
 Entwässerung der Polder. IV. 383.
 — künstliche. IV. 389.
 Erd-Anker. I. 61. 110.
 Erd-Arbeiten. IV. 192. 258.
 — Berechnung ders. IV. 254.
 Erd-Schüttungen. IV. 288.
 Erd-Transporte. IV. 269.
 Excavatoren. IV. 267.

Fachbäume bei Wehren. II. 272.
 Fächerthore. IV. 86.
 Fahrtiefen. III. 85.
 Fahrwasser, Reinigen dess. II. 368.
 — Vertiefen dess. II. 383.
 Fallkessel. IV. 217.
 Faschinen. II. 96.
 — Auslegen ders. II. 128.
 — Binden ders. II. 102.
 Faschinen-Lagen. II. 118.
 — schwebende. II. 141.
 Faschinen-Messer. II. 108.
 — Pfähle. II. 110.
 Festigkeit der Mauern. I. 88.
 Filtration der Canäle. IV. 165.
 Fischwehre. II. 256.
 Flechtbänder. II. 110.
 Flechtruthen. II. 188.
 Flechtzäune. II. 187.
 Flösserei. III. 158.
 — von Scheitholz. III. 164.
 Flottmasse. IV. 171.
 Flügel-Buhnen. I. 888. II. 44.
 Flügel-Mauern der Schiffs-Schleusen.
 IV. 89.
 Fluß-Häfen. I. 413. III. 151.
 Fluß-Schiffahrt. III. 83.
 Fluß-Thäler. I. 144.
 Fluth-Thore. III. 185.
 Fluth-Wellen. I. 195. II. 881. III. 88.
 Fowlersches Rad. III. 113.
 Freiarchen. II. 280.
 Füllmasse. IV. 170.
 Furthen. I. 147.
 Futtermauern. I. 4. 81.

- Galvanische Entzündung. III. 37. 49.
 Gebirgs-Bäche. I. 186.
 Geest. IV. 368
 Gefälle der Spasegräben. IV. 212
 — der Ströme. I. 148. II. 13.
 — starke II. 54 III. 114.
 Gegenströmung III. 125.
 Geringe Ebenen. IV. 104
 — mit beweglichen Kammern. IV. 112.
 — mit Scheiteln IV. 116. 127
 — mit festen Kammern IV. 119.
 — Betrieb auf dens. IV. 144.
 Geschwindigkeit der Ströme. II. 17.
 — in verschied. Tiefen. I. 292. II. 17.
 — bei Anschwellungen. I. 199.
 — treibender Schiffe. I. 248. 278.
 — gleichförmige. I. 297.
 — mittlere. I. 279.
 — ungleichförmige. I. 218.
 Geschwindigkeits-Messungen. I. 247.
 — Scalen. I. 280.
 Gerdungs-Wände. I. 102.
 Griesolme. II. 283.
 Gries-Säulen II. 281.
 Grund Ablass. II. 253.
 Grund Fir. I. 202.
 Grund-Schwellen. II. 40.
 Grund-Wehre. II. 249.

 Haken-Kelle. II. 396. III. 18.
 Haken-Pfähle II. 111.
 Halsbänder der Schleusen-Thore. III.
 259. 328.
 — Verankerung ders. III. 328.
 Heben versunkener Anker. II. 384.
 — v. Bäumen. II. 373.
 — v. Schiffen. II. 378.
 — der Steine. II. 385.
 — der Erde IV. 272.
 — senkrechtes, der Schiffe. IV. 98.
 Heerdmauern III. 215.
 Hinterböden. III. 178.
 Hitzketten. IV. 124. 136.
 Höfzer. I. 382.
 Holme. I. 104.
 Hydrometrischer Flügel. I. 256.
 — Rad. I. 255.
 — Schnellwage I. 261.
 — Stab. I. 252.

 Inclinante Bühnen. I. 396. II. 43.
 Inseln. I. 166.
 Inundations-Gebiet. I. 220.
 Kahden. IV. 401.
 Kalfatern. III. 209.
 Kammerböden, hölzerne. III. 202
 — massive. III. 199.
 Kammer-Mauern. III. 194
 Kammer-Schleusen. III. 116. 171
 Kappen der Deiche. IV. 376.
 Kappstürzungen. IV. 404.
 Kaspen. III. 207.
 Kasten-Pumpen. IV. 395.
 Katze, an Krähnen. I. 88.
 Kessel Pflanzung. II. 198.
 — Schleusen III. 175.
 Ketten-Schiffahrt. III. 104.
 Klammern I. 141.
 Klappen in Schleusen-Thoren. IV. 10. 26.
 Klapp Plosten II. 297.
 — Schleusen. IV. 146.
 — Thore. III. 246. 282.
 — Wehre. II. 300.
 Klausen. III. 164.
 Königstiel. IV. 56.
 Köpfe, kurze Bühnen. II. 38.
 — Untiefen. I. 147.
 Komplaten. III. 218.
 Kopf Pfähle. I. 117.
 Krähne. I. 86.
 Kratzen. II. 340.
 Kreuten. II. 370.
 Kribben. I. 382.
 Kribbmeister. II. 129.
 Krüper IV. 387.
 Kugel zu Geschw.-Mess. I. 260.
 Kuppel-Schleusen. III. 189.

 Ladebäume. I. 79.
 Ladebrücken. I. 126
 Laufer. I. 43
 Längen-Profile der Ströme. I. 287.
 Laufbrücken auf Schleusen-Thoren. III.
 258.
 Laufkrähne. I. 89.
 Leinpfade an Canälen. IV. 206. 263
 — an Strömen. III. 98. 186.
 Leinpfade-Brücken. III. 145.
 — Coupirungen. II. 232.
 Leittrollen. III. 143.
 Linth-Correction. I. 173
 Log. I. 254
 Loth. I. 281.
 Luft-Schleusen. III. 76.

 Mantel, Hebe-Vorrichtung. I. 77.

Marsch. IV. 366.
 Masten-Krahne. III. 151.
 Mauern. I. 65.
 — trockne. I. 94.
 Marqueur. I. 240.
 Meere. IV. 365.
 Merkpfähle. II. 258.
 Mittel-Balken. III. 218.
 — Stiele. III. 257.
 Moos. I. 96.
 Mörtel. I. 69.
 Mündungen der Bäche. I. 186.
 — in Canäle. IV. 217.

 Nadeln. II. 316. 380.
 Nadel-Wehre. II. 315.
 Nadi's Flasche. I. 282.
 Neeren. I. 279.
 Nester-Pflanzung. II. 197.
 Nivellement der Ströme. I. 224.
 Normal-Breite. I. 354.

 Ober-Böden. III. 178.
 — massive. III. 227.
 Ober-Canäle. III. 119.
 Oberländischer Canal. IV. 129.
 Oberwasser b. Schiffs-Schleusen. IV. 37.

 Packwerksbau. II. 92. 126.
 — Material dess. II. 96.
 — Sicherung dess. II. 154.
 Packwerksbau in den Niederlanden. II. 151.
 Parallel-Werke. I. 375. II. 56.
 Pegel. I. 240.
 Peilstangen. I. 228.
 Perré. I. 97.
 Pfand, im Deich. IV. 398.
 Pfannen. III. 258.
 — Träger. III. 218.
 Pitot'sche Röhre. I. 263.
 Pflanzungen. II. 192.
 Pflanzlinien. I. 383.
 Pflasterung der Buhnen. II. 71.
 Pfuhl. II. 15.
 Polder. IV. 365.
 — Entwässerung ders. IV. 383.
 Ponton-Thore. III. 312.
 Pritschen bei Wehren. II. 267.
 Profilweite der Ströme. II. 11.
 Pülv-Lagen. II. 120.

Pütten. IV. 382.
 Pumpräder. IV. 394.

 Quer-Profile der Canäle. IV. 195. 311.
 — der Ströme. I. 220. 238.

 Rahme der Schleusen-Thore. III. 251.
 Rand-Würste. II. 132.
 Rauhwehren. II. 172.
 Rauschen. I. 382. II. 191.
 Rauschbuhnen. II. 56.
 Reactions-Schiffe. III. 103.
 Regulirung der Ströme. I. 841.
 Reib-Pfähle. I. 117.
 Reibung der Erde. I. 9.
 Reservoirs. I. 170. IV. 228.
 Richtwerke. I. 375.
 Riegel d. Schleusen-Thore. III. 256. 30.
 Rigolen. IV. 211.
 Ringfahrten. IV. 390.
 Ringsloote. IV. 390.
 Rollbrücken. IV. 105.
 Rollen unter Schleusen-Thoren. III. 34.
 Roll-Krahne. I. 89.
 Roll-Schichten. I. 45.
 Rücklagen II. 130.
 Rüstungen, fliegende. I. 76.
 Runsen. I. 172.

 Sand. I. 165.
 Sacken der Dämme. IV. 257. 290.
 Sacken der Schiffe. III. 95.
 Sandstracken. III. 207.
 Scaphander. III. 53.
 Schacht-Schleusen. III. 189.
 Schar-Deiche. IV. 374.
 Schar-Ufer. I. 223.
 Scheitel-Strecken. IV. 182.
 Schichten in Mauern. I. 41.
 Schiffahrts-Anlagen. III. 81. 148.
 Schiffahrts-Canäle. IV. 153.
 — Anordnung ders. IV. 155.
 — Gefälle ders. VI. 196.
 — Quer-Profile ders. IV. 195.
 Schiffe. III. 84. IV. 133.
 — Anlegen ders. III. 97.
 — Ankern ders. III. 148.
 Schiffs-Durchlässe. II. 59. III. 1.
 Schiffs Halter. III. 149.
 Schiffs-Ringe. IV. 43.
 Schiffs-Schleusen. III. 169. IV.
 — eigenthümliche. IV. 49.

- Schiffs-Schlensen, gußeiserne. III. 241.
 — Nebentheile ders. IV. 87.
 — mit Seitenbassins. IV. 79.
 Schlachten. I. 382. II. 248.
 Schlaf-Deiche. IV. 866.
 Schlagsäulen. III. 256.
 Schlagschwellen. III. 179. 217.
 Schlengen. I. 382.
 Schlepp-Schiffe. III. 101.
 Schleusen-Canäle. III. 118.
 Schleusen-Gefälle. III. 188.
 Schleusen-Häupter. III. 174. 211.
 Schleusen-Kammern. III. 179. 192.
 — Füllen und Leeren ders. IV. 8.
 — hängende. IV. 96.
 — schwimmende. IV. 95.
 Schleusen-Thore. III. 180. 246.
 — eiserne. III. 285. 298.
 — gekrümmte. III. 249. 275.
 — hölzerne. III. 247. 259.
 — hohle. III. 307. 352.
 — Befestigung ders. III. 313. 354.
 — Einhängen ders. III. 388.
 — Oeffnen ders. III. 357.
 — Unterstützen ders. III. 240. 336.
 Schleusungen. III. 88.
 Schlickfänge. I. 382. II. 181.
 Schlickzäune. II. 182.
 Schlösser in Faschinen. II. 109.
 Schnallen. III. 341.
 Schöpfungsbahnen. I. 383. 408.
 Schloßthüren. III. 265.
 Schürze bei Coupierungen. II. 237.
 Schütze. II. 284. IV. 6. 22.
 — drehbare. IV. 9.
 Schurbäume. III. 94.
 Schwalpen. III. 209.
 Schwellrahme. III. 256.
 Schwimmbäume. II. 142.
 Schwimmer, Geschwindigkeits-Messung.
 I. 248. 268.
 Segel-Schiffahrt. III. 91.
 Seiten-Bassins. IV. 79.
 Seiten-Canäle. IV. 192.
 Seitendruck der Erde. I. 8.
 Seiten-Zuflüsse. I. 169.
 Senkfaschinen. II. 78.
 Senkkasten. II. 76. 268.
 Senkkörbe. II. 89.
 Senklagen. II. 177.
 Senkrechte Bahnen. I. 396.
 Senkstücke. II. 162. 240.
 Separations-Werke. I. 411. II. 47.
 Serpentinaen. I. 144.
 Setzeisen. II. 196.
 Setzpfosten. II. 288.
 Sicherheits-Thore. IV. 228.
 Siele. IV. 388.
 Sielpflug. II. 361.
 Sieltiefe. IV. 384.
 Sommer-Deiche. IV. 365.
 Sommer-Leinpfade. III. 139.
 Speise-Bassins der Canäle. IV. 228.
 — Ableitung ders. IV. 245.
 — Abschluß ders. IV. 230.
 — Ergiebigkeit ders. IV. 229.
 Speise-Gräben der Canäle. IV. 211.
 Speisung der Canäle. IV. 185. 208.
 Sperrbahnen. I. 383.
 Spiekpfahle. II. 110.
 Spreitlagen. II. 172.
 Sprengen der Felsen. III. 8.
 — ohne Bohrlöcher. III. 48.
 Sprengröhren. III. 4.
 Spülthore. IV. 51.
 Spundwände. I. 108.
 Stabilität der Mauern. I. 51.
 Stacken. I. 382.
 Stangen-Wehre. II. 267.
 Stau-Anlagen. II. 245.
 Stau-Höhen. I. 386. II. 250.
 Stau-Kasten. III. 10.
 Stau-Schleusen. II. 59. III. 122.
 Stau-Schwellen. II. 249.
 Stau-Weiten. I. 333. II. 250.
 Stecklinge. II. 196.
 Steinbahnen. II. 68.
 Steindübel. I. 67.
 Steinklammern. I. 66.
 Steinklauen. I. 74.
 Steinkörbe. II. 387.
 Steinschüttungen. I. 373. II. 65.
 Steinzangen. I. 74. II. 390.
 Stemmthore. III. 246.
 Strebepfeiler. I. 56.
 Streben an Schleusen-Thoren. III. 269.
 Strecker. I. 43.
 Streichbäume. III. 141.
 Streichlinien. I. 387. II. 25.
 Streichruder. III. 93.
 Streichwerke. I. 375.
 Strömung, Wirkung ders. I. 158. 355.
 — vor Bahnen. I. 362.
 Stromarme. II. 46.
 Strombauten. II. 1. 61.
 Strombetten. I. 133.
 Stromcharten. I. 215.
 Stromcoupierungen. II. 226.
 Stromdurchstiche. II. 202.
 Stromkrümmungen. II. 28.

Stromregulirung. I. 341. II. 8.
 Stromschiffahrt. II. 6.
 Stromschnellen. II. 13. 54.
 Stromspaltungen. I. 137. 399. II. 47.
 Stromstrich. I. 219.
 Stromquadrant. I. 262.
 Stroppe. I. 74.
 Sturmthore. III. 185.
 Sturz-Betten. II. 233.
 Stürz-Bühnen. IV. 271.
 Suez-Canal. IV. 278.

Tachometer. I. 266.
 Taucher-Apparate. III. 46.
 — Glocken. III. 59.
 — Helme. III. 46.
 — Lampen. III. 58.
 — Schachte. III. 70.
 — Schiffe. III. 65.
 Teufelsklauen. II. 392.
 Thäler. I. 167.
 Thalfahrt. III. 92.
 Thalsperren. I. 181.
 Themse-Tunnel. IV. 326.
 Thorkammern. III. 178.
 Thornischen. III. 180.
 Thorzapfen. III. 315.
 Tiefen-Messungen. I. 228.
 — auf Felsboden. I. 235. III. 25.
 Tiefenlinien. I. 219.
 Torf zum Dichten. IV. 305.
 Torfgräbereien. IV. 389.
 Touage. III. 104.
 Tragreiser. II. 141.
 Traversen. II. 182.
 Treideln. III. 92.
 Treppen in Schleusen. IV. 45.
 Triangel-Werke. I. 398.
 Triften. III. 164.
 Triftrechen. III. 167.

Ueberfälle. I. 336. IV. 219.
 Ueberlässe. IV. 372.
 Ueberschläge der Leinpfade. III. 140.
 Ufer. I. 149.
 — Abbrüche. I. 345.
 — Deckungen. I. 369. II. 124. 143.
 — Linien. II. 25.
 — Schälungen. I. 1.
 Umläufe. III. 242. IV. 12.
 — verzweigte. IV. 21. 35.
 Unter-Canäle. III. 119.
 Unter-Böden. III. 178.

Unterirdische Canäle. IV. 309.
 — Ausführung ders. IV. 312.
 — Leinpfade darin. IV. 312.
 — Schiffahrt-Betrieb. IV. 314.

Verbindung der Schichten. I. 63.
 Verdunstung. IV. 164.
 Verkleidung der Mauern. I. 44.
 Verlandungen. I. 356. II. 219.
 Versatz-Balken. II. 290.
 Versetzen der Werkstücke. I. 69.
 Vertiefung durch Strömung. I. 303.
 II. 342.
 — des Fahrwassers. III. 1.
 Vorböden. II. 270. III. 178.
 Vorfluth. I. 344.
 Vorlagen im Packwerk. II. 173.
 Vorreiber an Spalthoren. IV. 55.

Werde. II. 199.
 Wacht-Thüren. IV. 392.
 Wände, aufgesetzte. I. 101.
 Wagen auf geneigten Ebenen. IV. 113.
 140.
 Wahrschauen. III. 150.
 Warp-Ketten oder Tane. III. 103.
 — ohne Ende. III. 110.
 Warp-Schiffahrt. III. 104. IV. 157.
 Wasserbedarf der Canäle. IV. 163.
 — der Schleusen. IV. 87. 170.
 Wasserfälle. I. 141.
 Wasserfahne. I. 262.
 Wasserfernrohr. III. 79.
 Wasserlösen. IV. 219.
 Wassermengen der Ströme. I. 200.
 316. II. 16.
 Wasserpest. II. 372.
 Wasserstände. I. 187.
 Wasserstands-Messungen. I. 192. 239.
 — Scalen. I. 246.
 Wehre. II. 248.
 — bewegliche. II. 298.
 — halbmassive. II. 265.
 — hölzerne. II. 268.
 — hydrostatische. II. 308.
 — massive. II. 254.
 — selbstthätige. II. 302.
 Weiden-Pflanzungen. I. 152. II. 196.
 Wellen, stehende, I. 365. III. 126.
 Wendenischen. III. 236.
 Wendesäulen. II. 295. III. 255.
 Widerstand der Schiffe. IV. 197.
 Widerströme. I. 279.

Wiegen der Schiffe. IV. 48.

Winde, polnische. II. 375.

Winter-Deiche. IV. 365.

Wippen. II. 104.

Wirbel. I. 366.

Wolf. I. 74.

Woltman'scher Flügel. I. 256.

Woog. I. 147.

Würste. II. 104.

Wuhre. I. 382.

Wurfräder. IV. 390.

Wurzeln der Bühnen. II. 155.

Zangen an Bohlwerken. I. 106.

Zwischenwerke. II. 50.

Zündfäden. III. 35.

Zündnadeln. III. 5.

Zündröhren. III. 9.

Zugbänder an Schleusen-Thoren. III.
269. 338.









